

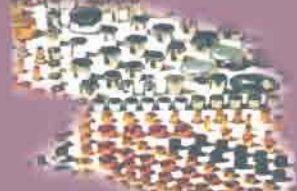


50

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN

NGUYỄN MẬU ĐĂNG

1956 - 2006



Công nghệ tạo hình

kim loại tấm



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT



1956 - 2006

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
50 NĂM XÂY DỰNG VÀ PHÁT TRIỂN

NGUYỄN MẬU ĐĂNG

CÔNG NGHỆ TẠO HÌNH KIM LOẠI TẤM



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

CÔNG NGHỆ TẠO HÌNH KIM LOẠI TẤM

Biên soạn: NGUYỄN MẬU ĐĂNG
ThS. NGUYỄN NHƯ HUYNH
ThS. PHẠM HÀ DƯƠNG

<i>Chịu trách nhiệm xuất bản:</i>	PGS. TS. TÔ ĐĂNG HẢI
<i>Biên tập và sửa bài:</i>	ThS. NGUYỄN HUY TIẾN
	NGỌC LINH
	HOÀNG GIANG
<i>Trình bày bìa:</i>	HƯƠNG LAN

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
70 Trần Hưng Đạo - Hà Nội

In 1.000 cuốn, khổ 19 x 27cm, tại Xưởng in NXB Văn hoá Dân tộc
Quyết định xuất bản số: 136-2006/CXB/379-06/KHKT ngày 23/3/2006
In xong và nộp lưu chiểu Quý III năm 2006.

LỜI NÓI ĐẦU

Công nghệ tạo hình kim loại tấm là một phần của công nghệ gia công kim loại bằng áp lực nhằm làm biến dạng kim loại tấm để nhận được các chi tiết có hình dạng và kích thước mong muốn. Đây là một loại hình công nghệ đang được ứng dụng rất rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp khác nhau, đặc biệt là trong các lĩnh vực kỹ thuật điện và điện tử, công nghiệp chế tạo ô tô, công nghiệp hàng không, công nghiệp sản xuất hàng tiêu dùng, công nghiệp quốc phòng, thực phẩm, hoá chất, y tế... Sở dĩ được ứng dụng rộng rãi như vậy là do nó có nhiều ưu điểm nổi bật so với các loại hình công nghệ khác: có thể cơ khí hoá và tự động hoá cao; năng suất rất cao, giá thành sản phẩm hạ, tiết kiệm nguyên vật liệu và tận dụng được phế liệu; đặc biệt do quá trình biến dạng dẻo nguội làm cho độ bền của chi tiết tăng lên...

Cuốn sách này được sử dụng làm giáo trình giảng dạy cho sinh viên ngành Cơ khí chuyên ngành Gia công áp lực của Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, đồng thời có thể sử dụng cho các kỹ sư và cán bộ kỹ thuật trong lĩnh vực gia công kim loại và các ngành liên quan.

Cuốn sách được phân công biên soạn như sau:

Nguyễn Mậu Đăng

ThS. Nguyễn Như Huynh: Chương 7

ThS. Phạm Hà Dương: Chương 9

Bộ môn Gia công áp lực, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội.

Rất mong nhận được những ý kiến đóng góp, xây dựng của các bạn đồng nghiệp và độc giả để cuốn sách hoàn hảo hơn trong lần tái bản.

Xin chân thành cảm ơn các bạn sinh viên và độc giả đã sử dụng và góp ý cho cuốn sách này.

Hà Nội, tháng 9 năm 2005

Các tác giả

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	3
-------------	---

Chương 1

ĐẶC ĐIỂM CÔNG NGHỆ VÀ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG DẬP CỦA KIM LOẠI TẮM	9
---	---

1.1. Kim loại tấm và băng	9
1.1.1. Khái niệm về dập tấm	9
1.1.2. Kim loại tấm và băng	10
1.2. Sự thay đổi tính chất của thép tấm theo thời gian và trong quá trình gia công	13
1.2.1. Sự hóa già do biến dạng	13
1.2.2. Mặt trượt	13
1.2.3. Sự phát sinh hiện tượng ăn mòn (gỉ)	14
1.3. Vật liệu phi kim loại	15
1.4. Đánh giá khả năng dập của vật liệu tấm	16
1.4.1. Khảo sát về hóa-lý	17
1.4.2. Thử tính chất cơ học (thử kéo)	19
1.4.3. Thử công nghệ	23
1.4.3.1. Thử cắt đột	23
1.4.3.2. Thử bẻ và uốn	23
1.4.3.3. Thử chiều sâu vết lõm tạo hình	24
1.5. Định nghĩa và phân loại các nguyên công dập tấm	27

Chương 2

NGUYÊN CÔNG CẮT	35
------------------------	----

2.1. Cắt vật liệu tấm và ống	35
2.1.1. Nguyên lý biến dạng và khe hở tối ưu	35
2.1.2. Cắt trên các máy cắt có lưỡi dao chuyển động tịnh tiến	39
2.1.3. Cắt trên các máy cắt có lưỡi dao chuyển động quay	43
2.1.4. Cắt ống bằng khuôn	50
2.2. Cắt hình và đột lỗ bằng khuôn	52
2.2.1. Ảnh hưởng của khe hở đến trị số và dấu của biến dạng đàn hồi	52
2.2.2. Kích thước làm việc của chày và cối	55

2.2.3. Lực cắt và công biến dạng	58
2.2.3.1. Lực cắt hình và đột lỗ	58
2.2.3.2. Lực đẩy-gỡ sản phẩm và phế liệu	59
2.2.3.3. Công biến dạng	61
2.2.4. Các phương pháp giảm lực biến dạng	61
2.2.5. Đặc điểm của quá trình cắt đột vật liệu phi kim loại	63
2.2.6. Dập liên tục và phối hợp (dập liên hợp)	65
2.2.7. Hình dạng kết cấu của cối và chày	66
2.2.7.1. Hình dạng kết cấu của cối	66
2.2.7.2. Hình dạng kết cấu của chày	67
2.3. Cắt hình và đột lỗ chính xác, gọt trong khuôn	69
2.3.1. Phương pháp cắt hình và đột lỗ chính xác	69
2.3.2. Nguyên công gọt (cắt tính)	74
2.4. Xếp hình sản phẩm	76
2.4.1. Chỉ tiêu kinh tế của việc xếp hình	76
2.4.2. Các dạng xếp hình vật liệu và lĩnh vực sử dụng	77
2.4.3. Chọn phương án xếp hình trên tấm	80
2.4.4. Tối ưu hoá việc xếp hình sản phẩm nhờ máy tính	84

Chương 3

NGUYÊN CÔNG UỐN

	89
3.1. Sự phân bố ứng suất và biến dạng theo chiều dày của phôi uốn	89
3.2. Kích thước của phôi khi uốn	92
3.3. Lực uốn và mômen uốn	95
3.3.1. Lực uốn khi uốn một góc	96
3.3.2. Lực biến dạng khi uốn hai góc	100
3.4. Biến dạng đàn hồi khi uốn. Các phương pháp để giảm biến dạng đàn hồi	101
3.4.1. Biến dạng đàn hồi khi uốn chỉ tiết một góc	101
3.4.2. Biến dạng đàn hồi khi uốn chỉ tiết hai góc (dạng chữ U)	105
3.4.3. Các phương pháp giảm biến dạng đàn hồi khi uốn	107
3.5. Bán kính uốn nhỏ nhất cho phép	107
3.6. Uốn prôphin và ống	110
3.6.1. Uốn trên các máy có bàn quay	112
3.6.2. Uốn có kéo	112
3.6.3. Uốn ống	114
3.6.4. Uốn có nung nóng cục bộ	117

Chương 4

NGUYÊN CÔNG DẬP VUỐT	119
4.1. Các phương pháp dập vuốt	119
4.2. Dập vuốt không có chặn phôi	123
4.3. Dập vuốt có chặn phôi	126
4.4. Tính toán công nghệ	136
4.4.1. Kích thước và hình dạng của phôi	136
4.4.2. Lực và công biến dạng, lực chặn phôi	143
4.4.3. Mức độ biến dạng giới hạn	146
4.4.4. Xác định số nguyên công và kích thước phôi ở các nguyên công trung gian khi dập vuốt chi tiết hình trụ	150
4.4.5. Ví dụ	152
4.5. Dập vuốt các chi tiết tròn xoay hình dạng phức tạp	155
4.5.1. Dập vuốt chi tiết hình trụ có vành rỗng	155
4.5.2. Dập vuốt chi tiết hình trụ bậc	158
4.5.3. Dập vuốt chi tiết hình côn	159
4.5.4. Dập vuốt chi tiết bán cầu	162
4.6. Dập vuốt liên tục nhiều nguyên công trên băng	164
4.7. Dập vuốt các chi tiết hình hộp	166
4.7.1. Trạng thái ứng suất và biến dạng	166
4.7.2. Xác định kích thước và hình dạng của phôi	168
4.7.3. Lực dập vuốt	171
4.7.4. Mức độ dập vuốt, hình dạng và kích thước của các bán thành phẩm ở các nguyên công trung gian	174
4.7.5. Gân vuốt và trị số khe hở chày-cối	176
4.8. Đặc điểm của quá trình dập vuốt các chi tiết vỏ ô tô	177
4.9. Dập vuốt chi tiết hình trụ có biến mỏng thành	179
4.9.1. Trạng thái ứng suất biến dạng	179
4.9.2. Kích thước và hình dạng phôi	183
4.9.3. Lực biến dạng	183
4.9.4. Tính toán công nghệ	184
4.9.5. Ví dụ	187
4.9.6. Đặc điểm kết cấu của khuôn và dụng cụ	189
4.10. Dập vuốt chi tiết bằng chất dẻo	192
4.11. Những phương pháp bôi trơn và làm nguội khi dập vuốt	194

Chương 5

CÁC NGUYÊN CÔNG TẠO HÌNH KHÁC	196
5.1. Nguyên công lên vành lỗ	196
5.1.1. Trạng thái ứng suất và biến dạng	196

5.1.2. Lực biến dạng	197
5.1.3. Tính toán công nghệ	198
5.1.4. Lên vành vòng phôi phẳng	201
5.1.5. Những phương pháp lên vành đặc biệt	203
5.1.6. Lên vành có biến mỏng	206
5.1.7. Ví dụ	208
5.2. Nguyên công tóp	210
5.2.1. Trạng thái ứng suất và biến dạng	210
5.2.2. Lực và công biến dạng	214
5.2.3. Hệ số tóp cho phép	216
5.2.4. Kích thước của phôi tóp	220
5.2.5. Các đặc điểm kết cấu của khuôn	220
5.3. Nguyên công giãn rộng (nong)	221
5.3.1. Trạng thái ứng suất và biến dạng	221
5.3.2. Lực và công biến dạng	226
5.3.3. Hệ số giãn rộng giới hạn	227
5.3.4. Kích thước phôi khi giãn rộng	229
5.3.5. Khuôn để giãn rộng	230
5.4. Tạo hình phôi tấm	231
5.5. Tạo hình các đoạn phôi ống	236
5.6. Nguyên công nắn các bề mặt phẳng và mặt cong hình xuyên.....	241

Chương 6

CÁC PHƯƠNG PHÁP TĂNG CƯỜNG SỰ BIẾN DẠNG CỦA PHÔI

6.1. Sự phối hợp của một số nguyên công tạo hình trong cùng một khuôn	244
6.2. Tác động lực phụ lên phôi	246
6.3. Tạo ra trường nhiệt độ không đồng nhất tại ổ biến dạng và vùng truyền lực	249
6.4. Giảm nhẹ lực ma sát có hại và nâng cao lực ma sát có ích khi dập vuốt	252
6.5. Dập vuốt xung	254
6.6. Tạo ra ổ biến dạng cục bộ	256

Chương 7

CÁC PHƯƠNG PHÁP DẬP TẤM BẰNG XUNG LƯỢNG

7.1. Dập bằng xung lượng của chất nổ	258
7.2. Dập bằng xung điện thủy lực	261
7.3. Dập bằng xung lực của từ trường	264

Chương 8

TÍNH TOÁN VÀ THIẾT KẾ KHUÔN DẬP TẤM	268
8.1. Phân loại khuôn	268
8.2. Phương pháp thiết kế khuôn	269
8.3. Các kết cấu khuôn điển hình	271
8.3.1. Khuôn cắt - đột	271
8.3.2. Khuôn để cắt hình và đột lỗ chính xác	276
8.3.3. Khuôn để uốn	277
8.3.4. Khuôn để dập vuốt và khuôn liên hợp	282
8.4. Các chi tiết điển hình và các cụm lắp ráp của khuôn	289
8.4.1. Các chi tiết khuôn	289
8.4.2. Vật liệu và nhiệt luyện các chi tiết làm việc của khuôn	289
8.4.3. Độ bền các chi tiết làm việc của khuôn	291
8.4.4. Nguyên tắc cơ bản khi thiết lập bản vẽ lắp khuôn	292
8.5. Tính toán các chi tiết khuôn về độ bền và độ ổn định	293
8.5.1. Tính toán chày	293
8.5.2. Tính toán cối	296
8.5.3. Tính toán đế khuôn	297
8.5.4. Tính toán cơ cấu đệm, đẩy	300
8.5.5. Xác định trung tâm áp lực của khuôn	303
8.5.6. Chiều cao kín của máy và khuôn	304
8.5.7. Chọn máy ép	306

Chương 9

MÔ PHỎNG SỐ QUÁ TRÌNH BIẾN DẠNG VÀ THIẾT KẾ KHUÔN VỚI SỰ TRỢ GIÚP CỦA MÁY TÍNH	309
9.1. Mô phỏng số quá trình biến dạng	309
9.1.1. Giới thiệu chung	309
9.1.2. Mô phỏng số và công nghệ ảo	310
9.1.3. Trình tự giải bài toán mô phỏng số quá trình biến dạng	311
9.1.4. Một số ví dụ	311
9.1.4.1. Mô phỏng quá trình dập tạo hình thể tích	311
9.1.4.2. Mô phỏng quá trình dập vuốt chi tiết tròn xoay	315
9.2. Thiết kế khuôn với sự trợ giúp của máy tính	316
TÀI LIỆU THAM KHẢO	320

Chương 1

ĐẶC ĐIỂM CÔNG NGHỆ VÀ ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG DẬP CỦA KIM LOẠI TẤM

1.1. KIM LOẠI TẤM VÀ BĂNG

1.1.1. Khái niệm về dập tấm

Quá trình công nghệ là toàn bộ các tác động trực tiếp làm thay đổi hình dạng, kích thước, tính chất và trạng thái của phôi ban đầu để đạt được mục đích nào đó. Quá trình công nghệ bao gồm những nguyên công và được sắp xếp theo một trình tự nhất định.

Dập tấm là một phần của quá trình công nghệ bao gồm nhiều nguyên công công nghệ khác nhau nhằm làm biến dạng kim loại tấm (băng hoặc dải) để nhận được các chi tiết có hình dạng và kích thước cần thiết với sự thay đổi không đáng kể chiều dày của vật liệu và không có phế liệu ở dạng phoi.

Dập tấm thường được thực hiện với phôi ở trạng thái nguội (nên còn được gọi là dập nguội) khi chiều dày của phôi nhỏ (thường $S \leq 4$ mm) hoặc có thể phải dập với phôi ở trạng thái nóng khi chiều dày của vật liệu lớn.

Nguyên công là một phần của quá trình công nghệ được thực hiện bởi một hay một số công nhân ở một vị trí nhất định trên một máy bao gồm toàn bộ những tác động liên quan để gia công phôi đã cho.

Ví dụ: Cắt hình, đột lỗ, dập vuốt, uốn v.v...

- Khi dập, nguyên công có thể chia thành các bước và bước có thể bao gồm một số động tác.
- Động tác là những tác động có mục đích và qui luật của công nhân (chẳng hạn đưa phôi đến vị trí khuôn, đặt phôi vào khuôn và cho khuôn làm việc v.v...).
- Ưu điểm của sản xuất dập tấm:
 - Có thể thực hiện những công việc phức tạp bằng những động tác đơn giản của thiết bị và khuôn.
 - Có thể chế tạo những chi tiết rất phức tạp mà các phương pháp gia công kim loại khác không thể hoặc rất khó khăn.
 - Độ chính xác của các chi tiết dập tấm tương đối cao, đảm bảo lắp lẫn tốt, không cần qua gia công cơ.
 - Kết cấu của chi tiết dập tấm cứng vững, bền nhẹ, mức độ hao phí kim loại không lớn.

- Tiết kiệm được nguyên vật liệu, thuận lợi cho quá trình cơ khí hoá và tự động hoá do đó năng suất lao động cao, hạ giá thành sản phẩm.
- Quá trình thao tác đơn giản, không cần thợ bậc cao do đó giảm chi phí đào tạo và quỹ lương.
- Dạng sản xuất thường là loạt lớn và hàng khối do đó hạ giá thành sản phẩm.
- Tận dụng được phế liệu, hệ số sử dụng vật liệu cao.
- Dập tấm không chỉ gia công những vật liệu là kim loại mà còn gia công những vật liệu phi kim như: techtolit, hêtinac, và các loại chất dẻo.

1.1.2. Kim loại tấm và băng

Trong ngành chế tạo máy người ta thường sử dụng nhiều loại thép tấm cán và thép cán định hình với nhiều chủng loại khác nhau bao gồm cả kim loại đen và kim loại màu. Đặc trưng của các tấm kim loại cán là đã được tiêu chuẩn hoá về các điều kiện kỹ thuật, thành phần hoá học và chủng loại. Chúng thường được sản xuất dưới dạng tấm, băng hoặc cuộn. Tùy theo phương pháp sản xuất, kim loại tấm có thể là cán nguội hoặc cán nóng. Thép cán nguội (thường có chiều dày $\leq 4\text{mm}$) có độ nhẵn bề mặt cao hơn so với thép cán nóng; sự đồng đều về chiều dày và các tính chất công nghệ cũng cao hơn. Vì vậy thép cán nguội được sử dụng rộng rãi hơn để chế tạo các chi tiết bằng phương pháp dập nguội, còn thép cán nóng được sử dụng để chế tạo các chi tiết phẳng; hình dạng đơn giản và dập vuốt không sâu. Hầu hết các chi tiết trong ngành chế tạo máy (trong đó có nhiều chi tiết của ô tô, máy kéo...) được sản xuất bằng phương pháp dập nguội từ các tấm thép cacbon chất lượng và thép cacbon thấp hoặc thép cacbon thấp cán nguội (thép hoá bền).

Bảng 1.1. Các dạng thép cacbon chủ yếu

Chủng loại	Tiêu chuẩn kỹ thuật ГОСТ (Liên Xô cũ)	Mác thép
Thép cacbon chất lượng thường $S = 0,5 \div 4 \text{ mm}$	ГОСТ 380-71	CT0-CT6
Thép tấm cacbon chất lượng và chất lượng thường $S = 0,2 \div 3,9 \text{ mm}$	16523-70	05КП-50
Thép kết cấu hợp kim thấp $S = 0,5 \div 3,9 \text{ mm}$	17066-80	14.Г2; 09.Г2; 12.ГС; 16.ГС; 15.ГФ; 14.ХГС v.v...
Thép tấm cán nguội từ thép cacbon chất lượng dùng để dập nguội $S = 0,5 \div 3 \text{ mm}$	9045-80	08П; 08ПС; 08КП
Thép tấm hợp kim kết cấu công dụng chung $S = 0,5 \div 3,9 \text{ mm}$	1542-71	60Г; 20Х; 10Г2; 25ХГСА v.v...
Thép không gỉ, chịu nhiệt và bền nhiệt $S = 0,7 \div 3,9 \text{ mm}$	5582-82	08Х13; 12Х13; 12Х17; 12Х18Н9Т; v.v...

Hiện nay, người ta còn sản xuất thép 2 pha cán nguội có cấu trúc pherit-mactenxit chứa (20 - 25)% pha cứng maxtenxit trên nền pherit mềm. Độ bền của các loại thép này sẽ được nâng cao khi sử dụng bổ sung thêm hợp kim mangan (đến 1,6%) và silic (đến 0,7%). Các loại thép 2 pha này có tỷ số giữa giới hạn chảy và giới hạn bền thấp ($\sigma_s/\sigma_b = 0,6 \div 0,65$); chỉ số cường độ hoá bền biến dạng n và hệ số dị hướng thông thường (phẳng) R^* cao ($n = 0,21 \div 0,25$; $R^* = 1,1 \div 1,6$), phạm vi thay đổi giới hạn bền rộng ($\sigma_b = 400 \div 550$ MPa). Do có những ưu điểm này, các loại thép 2 pha cán nguội được sử dụng rất rộng rãi để chế tạo các chi tiết có hình dạng phức tạp bằng phương pháp dập nguội. Đặc biệt, khi dập các chi tiết bằng các loại thép này, độ bền của các chi tiết được tăng lên nhiều. Ví dụ: trước khi dập thép 2 pha cán nguội có $\sigma_T = 280$ MPa và $\sigma_b = 550$ MPa thì sau khi dập (biến dạng dẻo nguội khoảng 25%) giới hạn chảy và giới hạn bền đã tăng lên đáng kể $\sigma_T \geq 650$ MPa và $\sigma_b \geq 800$ MPa.

Các loại thép 2 pha cán nguội được đưa vào sản xuất dưới dạng tấm, băng hoặc cuộn có chiều dày từ (0,7 ÷ 2) mm bao gồm các loại chủ yếu sau: 03CΠIO, 03XΠIO, 06XΓCΠO, 06Γ2CΠO v.v...

Các loại thép hợp kim (thép chống gỉ crôm và crôm - niken) được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp chế tạo tuabin, chế tạo máy hoá, chế tạo các mặt hàng dân dụng, dụng cụ y tế... Các loại thép này rất thuận lợi cho công nghệ dập nguội khi đã được ủ. Điều đó được đặc trưng bởi độ giãn dài tỷ đối cao và tỷ số σ_T/σ_b thấp thuận lợi cho quá trình dập. Ví dụ: thép 12X18H9T có $\sigma_b = 550$ MPa, $\sigma_T = 200$ MPa và $\epsilon = 40\%$. Sự khác biệt giữa thép không gỉ và thép cacbon thấp là trở lực biến dạng và cường độ hoá bền trong quá trình dập nguội cao.

Đối với các lĩnh vực công nghiệp riêng biệt, người ta sử dụng các loại thép tấm cán có công dụng đặc biệt. Ví dụ: để sản xuất các sản phẩm tráng men người ta sử dụng các loại thép tấm cán từ thép cacbon thấp có ủ và tẩy rửa bằng axit (thép rửa axit) hoặc sử dụng thép cacbon cán mỏng qua ủ (sắt tây đen) tráng thiếc để chế tạo các chi tiết bao bì bằng phương pháp dập hoặc lắp ghép và nhiều sản phẩm khác.

Trong ngành công nghiệp chế tạo ô tô, máy kéo, kỹ thuật điện và radio v.v... người ta sử dụng nhiều các loại thép tấm cán 2 lớp và 3 lớp (bimetal). Các tấm thép này có lớp cơ bản là thép cacbon hoặc thép hợp kim thấp, còn các lớp phủ có thể là: đồng, đồng thau, nhôm, kẽm, thiếc, chì hoặc thép không gỉ và các hợp kim niken. Chiều dày của các lớp phủ chiếm từ (10 ÷ 25)% so với tổng chiều dày của tấm.

Các tấm kim loại cán 3 lớp phủ kẽm (tôn hoa) được sử dụng để sản xuất các sản phẩm dân dụng (xô, thùng, chậu v.v...) và các tấm lợp. Tấm cán 3 lớp phủ chì được sử dụng để chế tạo các thùng chứa nhiên liệu. Thép tấm cán hoặc mạ một lớp thiếc mỏng (sắt tây trắng) được sử dụng để sản xuất bao bì trong công nghiệp sản xuất đồ hộp. Tấm kim loại phủ vật liệu chống cháy dùng để bọc cabin, vỏ capo của xe ô tô, máy kéo và các thiết bị máy móc khác với mục đích chống cháy, cách âm. Các tấm thép và ống phủ chất dẻo được sử dụng như là một lớp phủ chống ăn mòn và cả với mục đích trang trí.

Trong ngành chế tạo máy nông nghiệp, người ta sử dụng các tấm thép cán 3 lớp mà lớp phủ là thép không gỉ. Người ta cán phủ cả hai mặt của tấm thép một lớp mỏng thép không gỉ 12X18H10 với chiều dày từ $(0,1 \div 0,15)$ mm. Tính chống ăn mòn của các tấm thép kim loại này cao hơn gấp 4 ÷ 5 lần so với các tấm thép cacbon CT3 và thép chịu áp lực: 10XHДП. Khi đó tuổi thọ của các máy nông nghiệp tăng thêm đến 10 năm.

Các tấm kim loại và hợp kim màu có những đặc điểm như: tính chống ăn mòn (chống gỉ) và độ dẫn nhiệt cao, điện trở nhỏ (đồng, đồng thau, nhôm), tỷ trọng nhỏ (nhôm và hợp kim nhôm, hợp kim titan và magie), độ bền riêng cao (titan). Tùy thuộc vào lĩnh vực sử dụng mà chúng được dùng để phủ cho thích hợp. Các tấm kim loại và hợp kim màu bao gồm các loại sau:

- Nhôm và hợp kim nhôm: A2, A3, АМu, АМr2, АМгu6, Д1, Д16, B95, BAД23 v.v...
- Đồng: M1, M2, M3 v.v...
- Đồng thau: Л68, Л63, Л59-1 v.v...
- Niken và hợp kim niken: HK0, HMr, HB3 v.v...
- Hợp kim magie: MA, MA5, MA8 v.v...
- Hợp kim titan: BT1, BT3.1, BT6-C, BT8, BT9, BT10, BT14, OTЧ-1 v.v...

Các tấm kim loại và hợp kim màu được sử dụng rộng rãi trong ngành hàng không, chế tạo đồng hồ, kỹ thuật điện, điện tử và nhiều lĩnh vực công nghiệp khác cũng như để chế tạo các mặt hàng dân dụng (xô, chậu, nồi, xoong, máy ảnh, máy giặt v.v...).

Đuylơ và các hợp kim khác của nhôm được sử dụng chế tạo các chi tiết vỏ ngoài và khung giá máy bay do chúng có độ bền cao và tỷ trọng nhỏ (2700 kg/m^3).

Các hợp kim của titan và magie được sử dụng chủ yếu trong công nghiệp chế tạo máy bay. Tuy nhiên có thể hy vọng rằng trong tương lai gần, khi giá thành của các loại hợp kim này (đặc biệt là titan) giảm thấp thì lĩnh vực sử dụng chúng sẽ rất rộng rãi.

Về chủng loại của các tấm thép cán: có rất nhiều loại khác nhau. Các kích thước chiều dày, chiều rộng và dài cũng như các sai lệch kích thước tương ứng đã được tiêu chuẩn hóa.

Các tấm thép cán nóng có chiều dày $S = (0,4 \div 1,2)$ mm. Khi chiều dày tấm thép $S \leq 4$ mm thì chiều rộng tấm từ $(500 \div 1600)$ mm và chiều dài từ $(7100 \div 6000)$ mm (có 210 loại kích thước khác nhau). Các tấm thép cuộn trong rulo có chiều dày $S \leq 3,9$ mm có chiều rộng từ $(500 \div 1700)$ mm và khi $S \leq 10$ mm thì chiều rộng từ $(500 \div 2200)$ mm.

Sai lệch giới hạn theo chiều dày với độ chính xác bình thường $\delta = (0,05 \div 0,07)$ khi $S = 0,4 \div 0,5$ và $\delta = (+0,2 \div -0,8)$ khi $S = (10 \div 12)$ mm.

Các tấm thép cán nguội có $S = (0,35 \div 5)$ mm. Tùy theo chiều dày, các tấm thép có chiều rộng từ $500 \div 2300$ mm và chiều dài từ $1000 \div 6000$ mm (có 372 loại kích thước khác nhau). Chiều rộng các tấm thép trong rulo từ $500 \div 2300$ mm.

Sai lệch giới hạn chiều dày của tấm với độ chính xác thông thường là:

▪ $\delta = (0,04 \div 0,05)$ khi $S = (0,35 \div 0,4)$ mm,

▪ $\delta = (0,2 \div 0,3)$ khi $S = (4 \div 5)$ mm.

1.2. SỰ THAY ĐỔI TÍNH CHẤT CỦA THÉP TẤM THEO THỜI GIAN VÀ TRONG QUÁ TRÌNH GIA CÔNG

Khi đập nguội tính chất của thép tấm bị thay đổi. Sở dĩ như vậy là vì trong quá trình đập biến dạng dẻo nguội làm cho cấu trúc tinh thể thay đổi: mật độ khuyết tật tăng lên mạnh mẽ dẫn tới độ bền kim loại tăng lên, kích thước và hình dạng của các hạt kim loại cũng như hướng của trục tinh thể thay đổi làm phát sinh ứng suất dư và xuất hiện những mặt trượt kích thích quá trình hóa già của kim loại.

1.2.1. Sự hóa già do biến dạng

Hệ quả của sự hóa già kim loại là làm giảm tính dẻo (chẳng hạn độ giãn dài tỷ đối giảm) và nâng cao tính bền của kim loại (trở lực biến dạng, giới hạn chảy và độ cứng tăng). Vì vậy kim loại trở nên giòn và kém dẻo. Xu hướng của sự hóa già kim loại khi biến dạng tùy thuộc vào thành phần nitơ tự do chứa trong thép và đặc biệt là cacbon trong nền cứng (pherit). Trong quá trình hóa già, các nguyên tử cacbon và nitơ khuếch tán và tập trung vào các vùng biến dạng của mạng tinh thể, xung quanh lệch. Điều đó cản trở sự di chuyển của lệch và gây khó khăn cho quá trình biến dạng dẻo. Sự hóa già biến dạng xảy ra không đồng đều, trước tiên nó làm tăng độ cứng của kim loại tại các vùng có mật độ các nguyên tử nitơ và cacbon cao, chủ yếu là ở mặt trượt, tại đây đặc biệt có nhiều lệch.

Với thép cacbon thấp, sự hóa già do biến dạng xảy ra mãnh liệt hơn sau khi biến dạng dẻo nguội, cường độ của nó tỷ lệ thuận với mức độ biến dạng, nhiệt độ môi trường xung quanh và thời gian. Vì vậy đối với thép tấm cán nguội và ngay cả những sản phẩm của nó đã được đập, không nên để quá lâu ở trong kho hoặc trong phân xưởng, đặc biệt là khi nhiệt độ tăng lên.

Hiện nay người ta đã sản xuất những loại thép tấm không hóa già. Những loại thép này được khử oxy bởi nhôm hoặc chất phụ gia vanadi (ví dụ: thép 08Ю, 08КП, 08СЮФ. v.v...). Người ta đã chứng minh rằng sự ổn định của các loại thép này là do các liên kết của các nguyên tử nitơ dưới dạng nitơua bền vững. Chính vì vậy, sau khi đập nguội sự hóa già do biến dạng hầu như không xảy ra.

1.2.2. Mặt trượt

Đối với các chi tiết có yêu cầu cao về chất lượng bề mặt (ví dụ các chi tiết vỏ xe ô tô), điều có ý nghĩa quan trọng là khả năng của kim loại giữ được bề mặt bằng phẳng trong quá trình đập, không có những mặt trượt là những dấu vết vật lý do biến dạng dẻo cục bộ gây ra.

Mặt trượt xuất hiện trên bề mặt của các chi tiết, nhất là khi đập các chi tiết không sâu với mức độ biến dạng nhỏ ($5 \div 10\%$), làm giảm độ nhẵn bóng bề mặt. Sự xuất hiện các mặt trượt có liên quan đến tính chất cơ học không đồng đều của phôi. Sự không đồng đều này là do sự hóa già trong quá trình biến dạng gây ra. Trên bề mặt của chi tiết sau khi đập có thể quan sát thấy những phân lồi lõm tương ứng với các mặt trượt.

Một trong những phương pháp rộng rãi nhất được sử dụng để ngăn ngừa khả năng xuất hiện của các mặt trượt là tiến hành ép nguội theo chiều dày tấm thép một lượng biến dạng nhỏ bằng thiết bị chuyên dùng trước khi đưa vào đập. Trị số lượng ép tùy thuộc vào chiều dày của tấm và loại vật liệu. Ví dụ: đối với thép 08KП lượng ép từ $(0,8 \div 1,2)\%$ còn đối với thép 08Ю lượng ép từ $(1 \div 2)\%$.

Việc cán nguội với một lượng ép nhỏ các tấm thép có thể ví như một sự “tập luyện”. Sau khi “tập luyện”, để loại trừ sự cong vênh người ta nắn thẳng tấm trên các máy nắn chuyên dùng. Các máy này có một vài cặp trục nắn mà tâm của chúng có thể chuyển động tương đối với nhau. Trong quá trình nắn tấm bị uốn dẻo nhiều lần. Do sự “tập luyện” mà ngăn ngừa được khả năng xuất hiện mặt trượt, nhưng khi nắn nguội thì tính bền của kim loại tăng lên và tính dẻo giảm đi, điều đó làm giảm khả năng đập của vật liệu. Với một lượng ép tương đối nhỏ (khoảng $1,5 \div 2\%$) thì hiện tượng lại khác đi: độ bền giảm đi và tính dẻo δ thì tăng lên. Ngoài ra khi thử kéo mẫu kim loại đã được “tập luyện” và lập đồ thị kéo người ta thấy không có vùng chảy rão, tức là những dấu hiệu đặc trưng cho khả năng xuất hiện mặt trượt bị mất đi.

Do các tấm thép bị ép nguội với lượng ép nhỏ, lệch bị tách khỏi các nguyên tử nitơ và cacbon đồng thời xảy ra sự hình thành các lệch mới. Điều đó làm giảm trở lực biến dạng của các tinh thể trên bề mặt trượt dẫn đến sự phân bố ứng suất đồng đều hơn theo chiều dày của tấm, do đó sự chảy của kim loại sẽ bắt đầu với lực nhỏ hơn so với mẫu trước khi ép. Tác dụng của việc ép nguội thường rất ngắn vì vậy cần phải ép và nắn ngay trước khi đập. Những máy để ép và nắn được bố trí ở đầu dây chuyền, trước một loạt các thiết bị đập khác. Cần phải đập ngay sau khi ép vì sau khi ép một thời gian ngắn sẽ xảy ra sự hóa già biến dạng với cường độ lớn. Nếu không đập ngay sẽ làm mất đi hiệu quả của việc ép và còn làm xấu đi khả năng đập của thép so với trước khi ép.

1.2.3. Sự phát sinh hiện tượng ăn mòn (gỉ)

Trong quá trình biến dạng dẻo nguội kim loại xảy ra sự hóa bền. Sự hóa bền cùng với một số hiện tượng khác làm cho khả năng chống ăn mòn của kim loại bị giảm đi. Ví dụ: một cái đinh đặt trong môi trường ẩm ướt thì phần đầu tán và mũi nhọn của đinh, đã bị biến dạng dẻo nguội, sẽ bị gỉ trước.

Tuy vậy, do những điều kiện không giống nhau, sự thay đổi hình dạng của các vùng phôi kề nhau sau khi bỏ ngoại lực tác dụng sẽ phát sinh những ứng suất dư tế vi loại một. Những ứng suất dư này khi có sự ăn mòn sâu vào các tinh thể sẽ làm suy yếu liên kết ở biên

giới giữa các hạt và có thể gây ra những “mầm” giòn tự phát của các sản phẩm kim loại hoặc của các bán thành phẩm.

Sự phát sinh hiện tượng gỉ của các chi tiết bằng đồng thau có chứa hơn 20% kẽm được dập vuốt nguội với mức độ biến dạng lớn (như đui đèn, vỏ đạn v.v...) thường xuất hiện vào những mùa ẩm ướt khi độ ẩm và nồng độ khí amôniac trong không khí tăng lên kích thích sự ăn mòn sâu vào các tinh thể. Vì vậy vào mùa mưa các chi tiết sau khi dập cần được bảo quản ngay bằng phương pháp gia nhiệt. Đối với các chi tiết bằng đồng thau, có một phương pháp chống gỉ hiệu quả là giảm ứng suất kéo bằng cách nung nóng đến nhiệt độ $300 \div 500^{\circ}\text{C}$ sau đó cho nguội chậm.

1.3. VẬT LIỆU PHI KIM LOẠI

Tùy theo kết cấu, tính chất cơ, lý mà ta thấy rằng các vật liệu phi kim loại có rất nhiều ưu việt so với kim loại và hợp kim.

Đa số các vật liệu phi kim loại có cấu trúc lớp hoặc sợi và có tỷ trọng, độ cứng nhỏ hơn so với kim loại, các đặc trưng về độ bền thấp hơn. Tuy nhiên những đặc trưng về độ bền riêng của chúng (có liên quan đến tỷ trọng) thì không thấp và nhiều khi cao hơn của kim loại. Ví dụ độ bền riêng của tectôlit là 8 trong khi của thép cacbon chất lượng (10КП) chỉ bằng $4 \div 5$.

Hiện nay người ta đã sản xuất được hàng trăm loại chất dẻo dạng lớp và dạng sợi với sự kết hợp khác nhau giữa các tính chất cơ học, tính cách điện và các tính chất khác được qui định theo các tiêu chuẩn tương ứng.

Những vật liệu tấm phi kim loại có khả năng dập được có thể chia thành 4 nhóm chính:

- Nhóm I: Các loại chất dẻo bao gồm các chất dẻo dạng phân lớp và dạng sợi, các chất nhựa nhiệt dẻo có cấu trúc đồng nhất.
- Nhóm II: Các loại vật liệu trên cơ sở giấy và cao su.
- Nhóm III: Các loại vật liệu có nguồn gốc khoáng vật.
- Nhóm IV: Các loại vật liệu tổng hợp với sự kết hợp phức tạp: kim loại - chất dẻo, kim loại - amiăng - cao su, v.v...

Các loại vật liệu nhóm I có cấu trúc phân lớp và dạng sợi là hỗn hợp của nhựa nhân tạo với các chất độn có nguồn gốc hữu cơ hoặc khoáng vật. Chúng được chế tạo bằng cách ép các vật liệu sợi (cốt) đã được tẩm các chất dính kết với nhựa (nền).

Các tấm chất dẻo có cấu trúc phân lớp là những tấm hêtinac, tectôlit, tectôlit thủy tinh và tectôlit amiăng v.v... Các tấm chất dẻo có cấu trúc đồng nhất (nhựa nhiệt dẻo) là các tấm thủy tinh hữu cơ với các công dụng khác nhau: polystirol, xenluloit, vinylproz v.v...

Các loại vật liệu nhóm II bao gồm các tấm cao su, cactông, êbôlit và phíp. Các loại vật liệu như da tự nhiên, da nhân tạo, phớt, vải sơn (cách điện) cũng có thể xếp vào nhóm này.

thực nghiệm. Tất cả những phương pháp này chủ yếu để xác định sự tương ứng của chất lượng kim loại theo các yêu cầu tiêu chuẩn về thành phần hóa học, tính chất cơ học và cấu trúc tinh thể của nó v.v...

Để đánh giá tính dập được của kim loại cán trước hết cần kiểm tra xem xét bề ngoài và kiểm tra các kích thước của nó có phù hợp với yêu cầu đặt ra hay không. Để kiểm tra chất lượng cán từ một lô sản phẩm người ta kiểm tra trên hai tấm hoặc một cuộn tôn bất kỳ. Đối với các tấm cán cần phải được cắt tất cả các cạnh, còn đối với cuộn có thể cho phép hai cạnh là các cạnh cán. Trên các cạnh cắt không có sự phân lớp và các vết nứt. Những khuyết tật sâu, vượt quá một nửa sai lệch giới hạn theo chiều rộng của tấm đều không cho phép. Các cạnh của cuộn thép cán không bị uốn cong đến 90^0 và lớn hơn cũng như không bị xoắn và nhàu nát ở đầu cuối. Độ dài phần đuôi của cuộn không vượt quá chiều rộng của cuộn. Bề mặt của tấm cán phải bằng phẳng, nhẵn nhụi, không bị xước, không bị phồng rỗ, không có các hạt kim loại dính vào, không có các chất bẩn và rạn nứt, không có sự phân lớp kim loại. Tấm và cuộn kim loại cán cần phải được bôi trơn một lớp mỏng bằng chất bôi trơn trung tính. Các kích thước danh nghĩa và sai lệch giới hạn theo chiều dài, chiều rộng và chiều dày của tấm cán cần phải thỏa mãn các tiêu chuẩn tương ứng của nhà nước.

1.4.1. Khảo sát về hóa - lý

Những thí nghiệm về hóa - lý của kim loại bao gồm việc phân tích hóa học và nghiên cứu giản đồ sắt - cacbon.

Nhờ việc phân tích hóa học có thể xác định được những thành phần hóa học của kim loại tương ứng với yêu cầu của tiêu chuẩn. Ngoài ra việc phân tích hóa học cùng với những số liệu thí nghiệm khác còn giúp cho ta thấy rõ những nguyên nhân phế phẩm khi dập.

Khối lượng cho phép của các nguyên tố hóa học cơ bản và ảnh hưởng của chúng đến tính dập được của thép tấm cacbon chất lượng 08 – 20 được đưa ra trong bảng 1.2.

Bảng 1.2.

Nguyên tố hóa học	Hàm lượng cho phép (%)	Đặc trưng ảnh hưởng đến tính dập được của thép
Cacbon	$0,05 \div 0,24$	Làm tăng đặc trưng bền và đồng thời làm giảm tính dẻo
Silic	$0,03 \div 0,37$	Nâng cao độ bền, độ cứng và tính đàn hồi của thép
Mangan	$0,25 \div 0,65$	Hóa bền thép, liên kết với lưu huỳnh trong sunfit mangan, ngăn ngừa sự tạo thành sunfua sắt ảnh hưởng đến tính dập
Crôm	$0,10 \div 0,25$	Có khả năng nâng cao độ bền và hầu như không làm thay đổi tính dẻo.
Niken	$\leq 0,25$	Khi tăng hàm lượng tính dẻo của thép giảm đi.
Lưu huỳnh	$\leq 0,04$	Gây tính giòn, có khả năng tạo vết nứt khi cắt, uốn, lên vành v.v...
Photpho	$\leq 0,035$	Gây ra sự hóa bền mạnh trong quá trình dập, nâng cao xu hướng dẫn đến hóa giòn.

Nhờ nghiên cứu giản đồ sắt - cacbon người ta có thể xác định được kích thước hạt pherit, khối lượng tạp chất phi kim loại và trạng thái cấu trúc tinh thể của kim loại. Kích thước tối ưu của hạt tùy thuộc vào hình dạng chi tiết dập, chiều dày của phôi, mức độ biến dạng và hàng loạt những yếu tố khác. Khi độ hạt quá lớn tính dập của kim loại giảm đi và bề mặt sản phẩm dập tại các vùng biến dạng bị xù xì, giảm chất lượng bề mặt. Độ hạt tăng còn dẫn đến hiện tượng đứt, rách khi dập vuốt sâu.

Khi giảm kích thước hạt, trở lực biến dạng tăng lên đáng kể và biến dạng đàn hồi cũng tăng lên ảnh hưởng đến độ chính xác kích thước chi tiết dập, làm tăng mức độ mài mòn bề mặt làm việc của chày và cối.

Để đánh giá một cách tương đối kích thước hạt, người ta sử dụng một phương pháp đặc biệt trong đó kích thước hạt được xác định bằng kính hiển vi có độ phóng đại 100 lần. Những hạt quan sát được bằng kính hiển vi được so sánh với những ảnh mẫu có trong tiêu chuẩn. Kích thước của hạt được chia theo cỡ (cấp). Thép có cấu trúc hạt cỡ lớn tương ứng với cấp $1 \div 3$, cấu trúc hạt cỡ nhỏ tương ứng với cấp $8 \div 10$. Nếu trong cấu trúc kim loại có rõ ràng hai loại kích thước cơ bản của hạt thì chúng được ký hiệu bởi hai số, ví dụ số 3 - 8.

Độ không đồng đều của kích thước hạt có ảnh hưởng lớn đến khả năng dập của kim loại. Mức độ biến dạng cho phép khi dập vuốt chi tiết bằng kim loại có độ hạt không đồng đều sẽ bị giảm đi. Điều đó là do các hạt tinh thể có kích thước lớn cản trở sự chuyển động của lệch, và do đó sự hóa bền chỉ xảy ra trong một phạm vi hẹp. Kết quả là mức độ biến dạng có thể lớn đối với hạt tinh thể có kích thước lớn, trong khi các hạt tinh thể có kích thước nhỏ lại bị biến dạng làm nhỏ hơn. Do sự biến dạng không đồng đều các hạt kim loại khi dập có thể xuất hiện các vết nứt và rách. Vì vậy việc sử dụng các tấm kim loại có độ hạt hỗn hợp để sản xuất các sản phẩm dập tấm là không hợp lý.

Thép dùng để dập nguội có độ không đồng đều của kích thước hạt cho phép trong giới hạn số $2 \div 3$ gần với số của kích thước hạt pherit. Khi dập các chi tiết có hình dáng phức tạp thì kích thước hạt pherit cần tương ứng với số $6 \div 9$, khi dập khối nguội tương ứng với số $6 \div 8$.

Tạp chất phi kim loại tạo ra là do sự xâm nhập của lưu huỳnh vào kim loại từ nhiên liệu và quặng (FeS và MnS), sự dư thừa của oxy trong kim loại dưới dạng FeO và Al_2O_3 và tác dụng tương hỗ của oxit silic SiO_2 và oxit sắt (II) FeO.

Tạp chất phi kim loại được phân bố ở biên giới giữa các hạt và nó làm giảm khả năng dập của kim loại, vì thế tỷ lệ tạp chất phi kim loại và phương pháp xác định chúng được qui định theo tiêu chuẩn. Tỷ lệ tạp chất phi kim loại càng nhỏ thì khả năng dập của kim loại càng cao.

Khả năng dập của kim loại tấm không chỉ phụ thuộc vào hàm lượng cacbon mà còn phụ thuộc vào trạng thái cấu trúc của nó, thành phần xementit và sự cấu tạo peclit.

Ảnh hưởng chủ yếu đến khả năng dập của thép là xementit (Fe_3C). Thành phần

xêmentit có cấu trúc tự do sẽ gây ra phá huỷ (đứt, rách) khi đập nguội. Các phần tử đặc biệt của xêmentit cứng và giòn gây ra sự phá huỷ nhỏ hơn, nó tạo ra vết nứt lan truyền sâu vào trong hạt pherit. Trong các thép 08KП và 10KП sự có mặt của các hạt xêmentit dưới dạng tạp chất thô ở biên giới các hạt pherit có ảnh hưởng xấu và có thể dẫn đến phế phẩm ở dạng đứt rách. Những hạt tạp chất xêmentit nhỏ tham gia vào peclit làm giảm đáng kể ảnh hưởng xấu của nó.

Hàm lượng tạp chất xêmentit có cấu trúc tự do trong thép được đánh giá bởi 6 cấp với thang chia từ 0 ÷ 5 theo tiêu chuẩn, tùy thuộc vào số lượng, hình dạng, kích thước và sự phân bố các phần tử của nó.

Hàm lượng cho phép của xêmentit có cấu trúc tự do trong thép dùng để đập nguội tùy thuộc vào mức thép và mức độ phức tạp của chi tiết đập. Ví dụ, khi đập các chi tiết vỏ ô tô có hình dáng phức tạp bằng thép tấm 08Ю hàm lượng xêmentit cần phải nhỏ hơn cấp 2.

Khi chế tạo các chi tiết bằng thép tấm được coi là có khả năng đập tốt nếu như kim loại có cấu trúc hạt pherit nhỏ và các hạt pherit cùng với các hạt peclit được phân bố trong các mối liên kết giữa các hạt. Khi chế tạo các chi tiết bằng thép cán định hình, khả năng đập tốt được đặc trưng bởi cấu trúc hạt peclit (hoặc xêmentit hình phỏng cầu). Đối với các loại thép có hàm lượng cacbon lớn hơn 0,25% thì cấu trúc peclit dạng xoocbit được coi là tối ưu.

Tổ chức dạng nhánh của cấu trúc tế vi (được đặc trưng bởi sự định hướng xác định bị giãn dài do biến dạng của các hạt pherit) cũng có ảnh hưởng lớn đến khả năng đập của kim loại. Tổ chức dạng nhánh có cấu trúc pherit – peclit được chia thành 6 cấp với các thang chia từ 0 ÷ 5 theo tiêu chuẩn. Tiêu chuẩn này được xây dựng trên nguyên tắc tăng dần số lượng dài pherit có tính đến mức độ dày đặc của chúng và mức độ giãn dài của các hạt.

Khi đập các chi tiết có hình dạng phức tạp cần phải sử dụng các loại thép tấm có tổ chức dạng nhánh không được vượt quá cấp 3. Nếu thép tấm có tổ chức dạng nhánh tương ứng với cấp 4 ÷ 5 do quá trình biến dạng dẻo nguội trước đó gây ra (chẳng hạn như cán nguội) thì sẽ dẫn đến sự hoá bền và tính chất dị hướng của thép, ảnh hưởng xấu đến quá trình tạo hình. Để loại bỏ tổ chức dạng nhánh cấp cao người ta dùng phương pháp ủ kết tinh lại.

1.4.2. Thử tính chất cơ học

Phương pháp thử kéo các kim loại đen và kim loại màu ở dạng tấm và băng được tiến hành theo các tiêu chuẩn khác nhau tùy thuộc vào chiều dày vật liệu và loại thép cán.

Khi thử kéo người ta xác định các đặc trưng tương ứng với tính chất cơ học của kim loại theo các tiêu chuẩn về điều kiện kỹ thuật đã đặt ra. Sự có mặt vùng chảy rão trên đồ thị kéo chỉ ra xu hướng kim loại bị hóa già và sự tạo thành các dải trượt.

Để đánh giá khả năng đập của kim loại tấm, khi đập các chi tiết sâu có hình dạng

phức tạp, ngoài các đặc trưng về tính chất cơ học (σ_b , σ_s , δ v.v...) còn phải xác định hệ số dị hướng thông thường R^* , chỉ số mức độ hóa bền biến dạng n và độ giãn dài tỷ đối trung bình δ_{tb} .

Tính dị hướng là sự khác nhau về tính chất cơ học của kim loại tấm theo các hướng khác nhau và các tính chất này có bản chất từ cấu trúc tinh thể. Hệ số dị hướng thông thường R^* được xác định dựa vào kết quả thử nghiệm về kéo. Nó là tỷ số giữa biến dạng lôgarit theo chiều rộng ϵ_B với biến dạng theo chiều dày của mẫu ϵ_S , tại vùng này có biến dạng đồng đều ($\delta_{tb} = 15 \div 20\%$) theo hướng cán đã chọn:

$$R^* = \frac{\epsilon_B}{\epsilon_S} = \frac{\ln(b/b_0)}{\ln(S/S_0)}$$

trong đó: b_0 và b , S_0 và S lần lượt là chiều rộng và chiều dày trước và sau biến dạng của mẫu.

Khi biến dạng theo chiều rộng và chiều dày cân bằng $R^* = 1$ thì kim loại là đẳng hướng. Người ta phân biệt sự dị hướng thông thường với sự dị hướng phẳng như sau:

- Sự dị hướng thông thường: hệ số dị hướng theo các hướng khác nhau so với hướng cán của tấm trong thực tế là như nhau mà chỉ khác biệt về đơn vị.
- Sự dị hướng phẳng: hệ số dị hướng bị thay đổi theo các mặt phẳng của tấm với các hướng cán khác nhau.

Để đánh giá mức độ dị hướng người ta sử dụng hệ số Poisson đối với biến dạng dẹt hoặc hệ số biến dạng ngang r^* là tỷ số giữa biến dạng nén theo chiều rộng của mẫu ϵ_B với biến dạng kéo theo hướng đặt lực ϵ_I :

$$r^* = -\frac{\epsilon_B}{\epsilon_I}$$

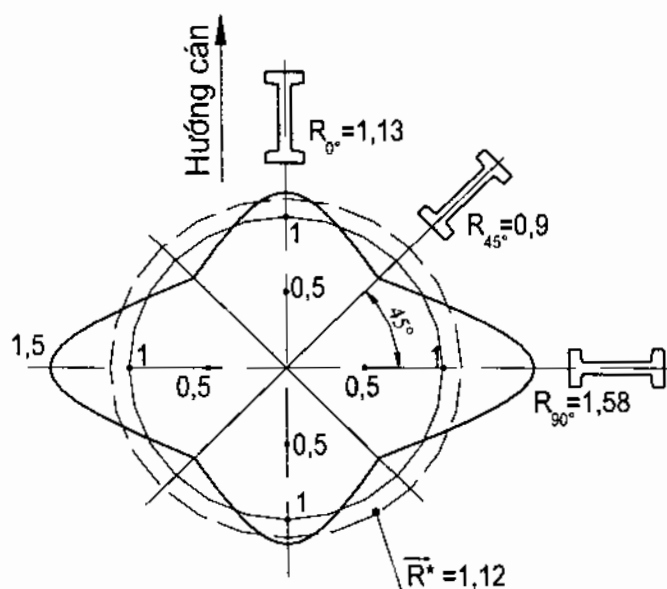
Quan hệ giữa R^* và r^* được xác định nhờ sử dụng điều kiện không nén được:

$$r^* = R^*/(1+R^*)$$

Hệ số dị hướng thông thường R^* đối với hầu hết các kim loại có giá trị trong khoảng $R^* = (0,2 \div 2,7)$, giá trị của hệ số dị hướng phẳng $r^* = (0,167 \div 0,73)$, (khi $R^* = 1$ thì $r^* = 0,5$). Sự thay đổi của R^* theo các hướng khác nhau so với hướng cán của tấm được chỉ ra trên hình 1.1.

Khi đánh giá ảnh hưởng của tính dị hướng đến khả năng dập của kim loại người ta thường sử dụng hệ số dị hướng trung bình \bar{R}^* , nó được xác định từ các giá trị của hệ số dị hướng nhận được khi thử kéo các mẫu. Các mẫu này được tách ra từ thép tấm theo các hướng khác nhau: dọc hướng cán, ngang hướng cán, nghiêng 45° và nghiêng 135° .

$$\text{Ví dụ: } \bar{R}^* = \frac{1}{4}(R_{0^\circ}^* + 2R_{45^\circ}^* + R_{90^\circ}^*) = \frac{1}{4}(R_{0^\circ}^* + R_{45^\circ}^* + R_{90^\circ}^* + R_{135^\circ}^*)$$



Hình 1.1. Đường cong thay đổi của hệ số dị hướng thông thường theo các hướng khác nhau so với hướng cán

Chỉ số hóa bền biến dạng n được xác định dựa vào kết quả thử kéo:

$$n = \epsilon_p = \ln(l_p/l_0)$$

hoặc

$$l_p = l_0(1 + \delta_p)$$

$$n = \ln(1 + \delta_p) \quad (1-1)$$

Trị số n bằng tang góc nghiêng của đường cong hóa bền.

Khả năng dập của kim loại phụ thuộc vào R^* và n . Nếu trong vùng biến dạng dẻo xuất hiện một trạng thái biến dạng được đặc trưng bởi sơ đồ kéo - nén (ví dụ khi dập vuốt, xem hình 1.5) thì khả năng dập của kim loại phụ thuộc nhiều vào R^* . Khi $R^* > 1$ kim loại tấm có khả năng chống lại sự biến mỏng tại vùng nguy hiểm và điều đó cho phép dập vuốt với mức độ biến dạng lớn hơn.

Khi hệ số dị hướng R^* tăng lên, sự đối xứng trục của quá trình biến dạng bị phá hủy gây ra sự không đồng đều của chiều dày thành chi tiết dập vuốt dọc theo chu vi và độ nhấp nhô trên mép chi tiết. Điều đó dẫn đến sự cần thiết phải tăng thêm lượng dư để cắt bỏ phần mép không đồng đều và do đó làm tăng thêm phế liệu kim loại.

Nếu trong vùng biến dạng dẻo tồn tại biến dạng kéo theo 1 trục hoặc 2 trục (ví dụ khi tạo hình) thì khả năng dập của kim loại chủ yếu phụ thuộc vào n bởi vì cường độ hóa bền biến dạng của kim loại có thể ảnh hưởng đến cường độ biến mỏng của nó. Khả năng dập của kim loại tấm là tốt nhất khi $R^* \geq 1,2 + 1,7$ và $n \geq 0,2$.

Độ bền được đặc trưng bởi giá trị σ_b và độ dẻo đặc trưng bởi giá trị σ_T có ảnh hưởng đến khả năng dập của thép tấm cán. Giới hạn bền σ_b càng lớn thì lực biến dạng càng lớn và trị số ứng suất tiếp xúc tăng. Điều đó có thể làm cho chất bôi trơn bị chảy đi gây ra hiện tượng dính kim loại và gây ra các vết xước làm tuổi thọ của khuôn bị giảm đi. Hiện tượng này thường xảy ra khi dập vuốt các chi tiết bằng thép tấm có $\sigma_b \geq 500$ MPa.

Khi uốn, tỷ số σ_T/E ảnh hưởng đến trị số biến dạng đàn hồi, tỷ số này càng nhỏ thì biến dạng đàn hồi càng nhỏ. Nếu môđun đàn hồi E không đổi thì biến dạng đàn hồi sẽ giảm nếu như σ_T giảm.

Sự thay đổi tính chất của kim loại khi biến dạng dẻo được biểu diễn bằng đồ thị ứng suất thực (đường cong hóa bền) và đồ thị dẻo. Các thông số của đường cong hóa bền là tiêu chuẩn đánh giá khả năng dập của kim loại. Để xác định các thông số này người ta sử dụng các máy vẽ đồ thị ứng suất thực khác nhau được đưa ra bởi một số nhà nghiên cứu như:

theo Kerber $\sigma_i = A + B\varepsilon_i$,

theo Kh. Svipht: $\sigma_i = C(\varepsilon_0 + \varepsilon_i)^{n_1}$,

theo A. Nadai $\sigma_i = C_1 \varepsilon_i^n$,

theo P. Liudvich $\sigma_i = \sigma_T + C_2 \varepsilon_i^m$, v.v...

Trong các đẳng thức trên:

- σ_i và ε_i cường độ ứng suất và biến dạng,
- $A, B, C, C_1, C_2, \varepsilon_0, n, n_1, m$ là những hằng số được xác định dựa vào kết quả khi thử tính chất cơ học kim loại.

Các công thức để xác định cường độ ứng suất và biến dạng khi kéo thuần túy có tính đến sự dị hướng thông thường của kim loại có dạng:

$$\sigma_i = \sigma_1 \sqrt{\frac{3}{2} \left(\frac{1+R^*}{2+R^*} \right)} \quad \varepsilon_i = \varepsilon_1 \sqrt{\frac{2}{3} \left(\frac{2+R^*}{1+R^*} \right)}$$

trong đó σ_1 và ε_1 là ứng suất và mức độ biến dạng lôgarit khi kéo thuần túy.

Đồ thị dẻo phản ánh biến dạng tới hạn với các sơ đồ khác nhau của trạng thái ứng suất. Chúng được xây dựng trong tọa độ: mức độ biến dạng trượt tới hạn λ_p - chỉ số trạng thái ứng suất K ($K = \sigma_0/T$, σ_0 : ứng suất thủy tĩnh trung bình, T cường độ ứng suất tiếp). Các đồ thị dẻo có các trục tọa độ $\lambda_p - K$ được sử dụng thuận lợi khi tính mức độ biến dạng tới hạn trong quá trình dập khối nguội. Các đồ thị dẻo được xây dựng với các phần tử biến dạng giới hạn chính ε'_1 và ε'_2 (chúng được gọi là đồ thị biến dạng giới hạn hoặc đồ thị khả năng dập giới hạn). Chúng được sử dụng rộng rãi hơn khi xác định biến dạng tới hạn trong quá trình dập tấm nguội.

Thử độ cứng phục vụ cho việc đánh giá sơ bộ mức độ hóa bền của kim loại, chúng dựa

trên cơ sở giả thiết rằng giữa độ cứng của kim loại bị biến dạng với cường độ ứng suất và cường độ biến dạng có quan hệ đơn trị (bậc nhất). Đó là giả thiết đã được xác nhận bởi các nghiên cứu của P. Bridgman, I. A. B. Phridman, G. A. Smirnov - Aliaev, G. D. Deli, V. A. Ogorodnikov v.v... Dựa vào các kết quả kéo nén đúng tâm (đồng trục), kéo có xoắn v.v... để xây dựng các đồ thị chuẩn với các trục σ_i - HV - ε_i (HV là trị số độ cứng Vicker). Xác định giá trị độ cứng tại các vùng khác nhau của chi tiết đã bị biến dạng dẻo và sử dụng đồ thị chuẩn, có thể xác định được cường độ ứng suất và biến dạng tại vùng đo độ cứng và vì vậy xác định được trường ứng suất và biến dạng. Thử độ cứng là phương pháp kiểm tra không phá huỷ mẫu vì vậy nó là phương pháp ưu việt hơn so với các phương pháp khác (mẫu bị phá huỷ).

1.4.3. Thử công nghệ

Thử công nghệ để xác định mức độ biến dạng giới hạn của kim loại trong các điều kiện mô hình hóa các nguyên công khác nhau của dập nguội như: cắt hình, uốn, dập vuốt, dập giãn, tạo hình v.v... Nếu các chỉ tiêu khi thử công nghệ được qui định bởi các tiêu chuẩn (ví dụ chiều sâu của vết lõm tại thời điểm bị phá huỷ) thì nhờ có phép thử công nghệ chúng ta xác định được sự tương ứng của các chỉ tiêu này so với các yêu cầu của tiêu chuẩn.

Hầu như tất cả các dạng thử công nghệ đều dẫn đến thời điểm giới hạn hoặc là xuất hiện vết nứt hoặc là bị phá huỷ sau khi đạt được mức độ biến dạng tới hạn. Đó chính là tiêu chuẩn về khả năng dập của kim loại.

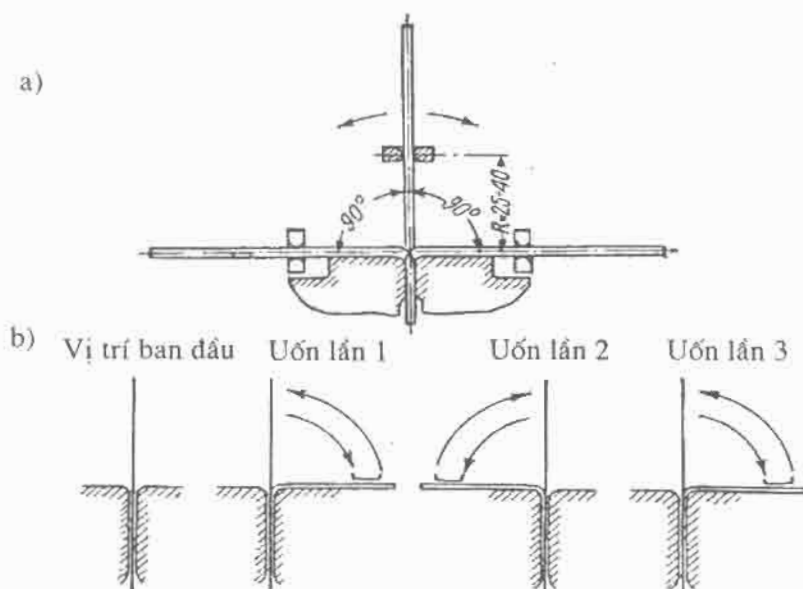
1.4.3.1. Thử cắt đột

Thử cắt đột nhằm xác định ứng suất cắt qui ước là tỷ số giữa lực cắt đột cực đại với diện tích bề mặt cắt ($\sigma_{cắt} = P_{max}/F_{cắt}$). Ngoài ra, có thể xác định độ lún sâu h của chày vào trong kim loại tại thời điểm xuất hiện các vết nứt ở vùng cắt (chiều cao của dải có ánh kim loại). Thử nghiệm được tiến hành trong một khuôn đặc biệt để cắt một hình tròn có đường kính xấp xỉ 32 mm có trang bị thiết bị đo, với khe hở tối ưu giữa chày và cối. Nếu trị số h càng lớn thì kim loại có tính dẻo càng cao, độ bền của kim loại càng lớn thì ứng suất cắt càng lớn và tuổi thọ của dụng cụ giảm đi.

1.4.3.2. Thử bẻ và uốn

Đối với kim loại tấm và băng người ta thường thử bẻ. Chiều rộng của các dải kim loại mẫu này thường có trị số xác định, một đầu của dải kim loại được kẹp chặt trong dụng cụ chuyên dùng, đầu kia được bẻ đi bẻ lại nhiều lần với góc 180° cho đến khi bị phá huỷ. Số lần bẻ cho đến khi xuất hiện vết nứt là đặc trưng của phương pháp thử này.

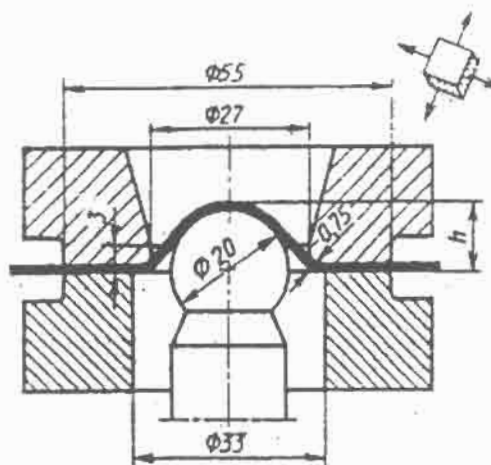
Kim loại tấm cũng có thể được thử uốn với một góc xác định liên tiếp hoặc cho đến khi tiếp xúc với cạnh của mẫu tức là cho đến khi song song với cạnh của nó. Dạng uốn tùy thuộc vào chất lượng của kim loại và chiều dày của nó. Nếu sau khi thử uốn trên mẫu không có vết nứt thì có thể coi là mẫu thử ổn định.



Hình 1.2. Thử uốn kim loại tấm.

1.4.3.3. Thử chiều sâu vết lõm tạo hình

Đây là phương pháp thử của kỹ sư A. Ericson. Phương pháp thử công nghệ này được sử dụng rộng rãi nhất để đánh giá khả năng đập của vật liệu tấm có chiều dày từ 0,2 ÷ 2 mm.



Hình 1.3. Sơ đồ thử công nghệ của A.

Quá trình thử được thực hiện bằng cách tạo hình bởi một chày hình cầu ép vào mẫu, mẫu này được kẹp giữa cối và vành chặn (hình 1.3). Phương pháp thử của A. Ericson được thực hiện trên các dụng cụ chuyên dùng kiểu MTJ-10Γ hoặc 2068MTB-10 có thể điều

chính được lực ép tạo hình và lực chặn phôi. Các điều kiện thử được dựa trên các tiêu chuẩn phù hợp: lực chặn có thể đến 10 kN, phôi dài có chiều rộng 90mm, đường kính chày 10 và 20mm. Sự biến dạng của kim loại là do sự giảm chiều dày của phôi, tại ổ biến dạng có hai thành phần ứng suất kéo, chiều sâu của vết lõm được đo bằng mm tại thời điểm lực biến dạng giảm.

Phương pháp thử của A. Ericson có hiệu quả nhất trong trường hợp khi kim loại được dùng để chế tạo những chi tiết có hình dạng không gian phức tạp như hình cầu, parabol v.v... (ví dụ pha đèn ô tô). Khi đó quá trình dập vuốt sẽ có hai thành phần ứng suất kéo tại ổ biến dạng. Đối với những nguyên công tạo hình khác phương pháp thử A. Ericson kém hiệu quả hơn.

Đặc điểm phá huỷ và chất lượng bề mặt của vết lõm cho phép đánh giá về khả năng dập của kim loại: vết nứt theo một cung tròn chứng tỏ kim loại có tính đẳng hướng, vết nứt là một đường thẳng chứng tỏ kim loại có tính dị hướng, cấu trúc tinh thể dạng nhánh hoặc có khuyết tật do cán. Nếu bề mặt vết lõm tinh sạch, trơn nhẵn thì kim loại có cấu trúc hạt nhỏ mịn, ngược lại nếu bề mặt thô nhám thì kim loại có cấu trúc hạt lớn.

Việc thử độ sâu của vết lõm tạo hình nhằm mục đích xác định loại thép tấm theo tiêu chuẩn đã định (Γ : dập vuốt sâu, $\text{B}\Gamma$: dập vuốt rất sâu, CB : dập vuốt phức tạp, BOCB : dập vuốt đặc biệt phức tạp). Chiều sâu của vết lõm càng lớn thì thứ bậc của loại thép đó càng cao. Đối với thép tấm 08 và 10, tùy theo chiều dày và loại thép, chiều sâu vết lõm thường $\geq 9 \div 12\text{mm}$.

Ngoài ra để xác định khả năng dập của kim loại tấm người ta còn sử dụng nhiều phương pháp thử công nghệ khác.

Để đánh giá khả năng dập của thép tấm người ta còn sử dụng lý thuyết phá huỷ do sự mất ổn định dưới dạng biến mỏng cục bộ hoặc xuất hiện các nếp gấp. Để đặc trưng cho biến dạng cục bộ, Tomlenop đã đưa ra hệ số an toàn dẻo:

$$\eta = \frac{\epsilon_i}{\epsilon_{i(KP)}} < 1$$

trong đó ϵ_i và $\epsilon_{i(KP)}$ là cường độ biến dạng tập trung và cường độ biến dạng tới hạn.

Biến dạng tập trung được xác định dựa vào kết quả đo lưới tọa độ đã được vạch trước trên phôi. Còn biến dạng tới hạn được tính như sau:

- Khi trạng thái ứng suất phẳng cùng dấu:

$$\epsilon_{i(KP)} = \frac{2n\sqrt{1-m+m^2}}{(2-m)}$$

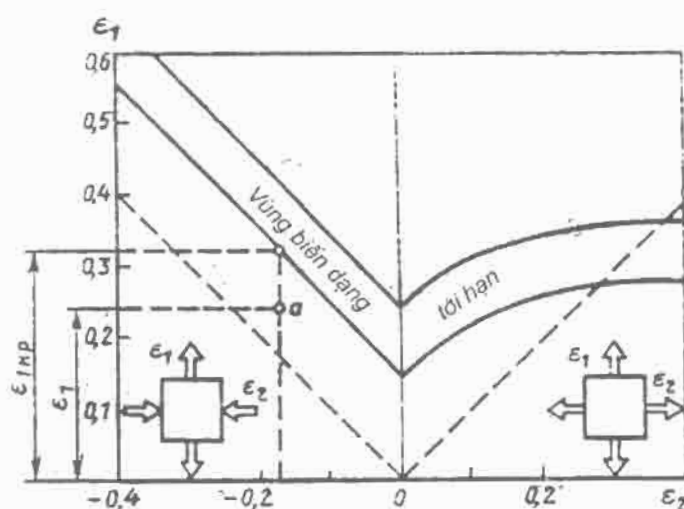
- Khi trạng thái ứng suất phẳng khác dấu:

$$\epsilon_{i(KP)} = \frac{2n\sqrt{1-m+m^2}}{(1+m)}$$

trong đó: $m = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{(2\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}{(2\varepsilon_1 + \varepsilon_2)} < 1$ là chỉ số trạng thái ứng suất - biến dạng được xác định

không tính đến tính dị hướng. Nếu hệ số η càng lớn (≈ 1) thì xác suất sự mất ổn định càng lớn hoặc sự phá hủy chỉ tiết ngay sau khi định vị trong quá trình dập và do đó khả năng dập của kim loại là rất kém.

Để đánh giá khả năng dập của kim loại người ta còn sử dụng đồ thị giới hạn. Đồ thị này được xây dựng từ quan hệ giữa các thành phần biến dạng chính ε_1 và ε_2 tại thời điểm mất ổn định trước khi bị phá hủy (hình 1.4). Vùng biến dạng tới hạn chia đồ thị làm hai phần: phần phía dưới là vùng an toàn cho điều kiện dập còn phía trên là vùng phá hủy. Theo trục tung của hệ tọa độ đặt các trị số biến dạng chính lớn nhất trong mặt phẳng của phôi ε_1 còn theo trục hoành - biến dạng chính nhỏ nhất ε_2 .



Hình 1.4. Đồ thị biến dạng giới hạn

Vùng giá trị dương ε_2 tương ứng với biến dạng kéo hai phía, khi $\varepsilon_2 = 0$ ta có trạng thái biến dạng phẳng, vùng giá trị âm của ε_2 tương ứng với biến dạng nén có kéo.

Đồ thị biến dạng giới hạn được xây dựng dựa vào các số liệu thực nghiệm đối với mỗi loại và chiều dày vật liệu theo những phương pháp khác nhau. Việc thí nghiệm theo sơ đồ 1 và 7 (bảng 1.3) dùng để xây dựng phần bên trái của đồ thị, còn theo sơ đồ 6 dùng để xây dựng phần bên phải. Các thí nghiệm theo các sơ đồ còn lại nhằm phục vụ cho việc xây dựng đồ thị cả ở 2 phần. Các mẫu thử được kẻ trước các mạng lưới tọa độ dưới dạng các vòng tròn với các đường kính cách nhau $2 \div 4\text{mm}$ được kéo trên các máy thử kéo hoặc dập vuốt và tạo hình bởi các dụng cụ cho đến khi bị phá hủy hoặc mất ổn định.

Để giảm ma sát tiếp xúc giữa chày và mẫu phôi khi tạo hình người ta đặt một lớp đệm mỏng polyuretal. So sánh trường biến dạng tập trung trong các phần tử biến dạng với biến

dạng tới hạn người ta xác định được tính dẻo tại mỗi thời điểm của chi tiết.

Người ta đã đưa ra một tiêu chuẩn cần thiết để đánh giá khả năng dập của kim loại tấm dưới dạng năng lượng riêng khi biến dạng đồng đều đã được tiêu tốn để kéo mẫu phẳng có tính đến sự dị hướng do cán:

$$\Pi = 1,2247 \sqrt{\frac{1+R^*}{2+R^*}} \cdot \frac{\sigma_b}{(n+1)} \cdot \left(\frac{2.72}{n}\right)^n n^{(n+1)} \quad (\text{MPa})$$

Tiêu chuẩn Π có liên quan đến mức độ dập vượt giới hạn: $K_V = D/d_0$ và hệ số lên vành $k_{lv} = D/d_0$.

$$\text{Ví dụ: } \frac{1}{k} = 0,8169 \cdot \Pi^{-0,0994} \text{ khi } \frac{s}{D} \cdot 100 = 0,06 \div 0,2.$$

$$\frac{1}{k_{lv}} = 0,3796 + (20,2304/\Pi) \text{ khi } \frac{s}{d_0} \cdot 100 = 3,0$$

Trên cơ sở của công thức trên người ta đã xây dựng toán đồ để xác định hệ số giới hạn khi dập vượt và lên vành (hình 1.5). Phần bên phải đặc trưng cho tính chất cơ học của kim loại (σ_b , n , R^*), phần bên trái là các đường cong thay đổi của hệ số dập vượt và lên vành giới hạn với các chiều dày tương đối của phôi khác nhau (hình 1.5).

Ngoài hệ số giới hạn khi tạo hình, toán đồ còn có thể xác định năng lượng riêng khi biến dạng đồng đều (và do đó có thể xác định công biến dạng) được đặc trưng bởi giá trị của tiêu chuẩn Π (điểm a trên hình 1.5). Phương pháp xác định trên toán đồ được chỉ ra bởi các đường đứt có mũi tên. Theo toán đồ các hệ số giới hạn $1/k_{vượt}$ và $1/k_{lv}$ sẽ tăng lên khi chiều dày tương đối của phôi tăng, σ_b giảm, n và R^* tăng.

1.5. ĐỊNH NGHĨA VÀ PHÂN LOẠI CÁC NGUYÊN CÔNG DẬP TẤM

Tất cả các nguyên công tạo hình vật liệu tấm được hệ thống hoá và phân loại theo những đặc điểm của quá trình biến dạng và công nghệ:


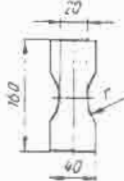
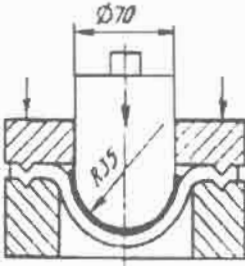
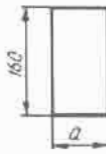

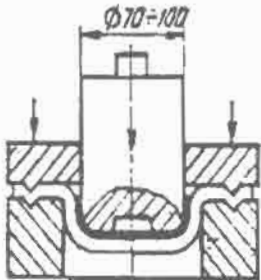

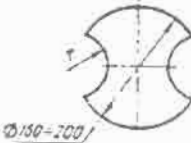
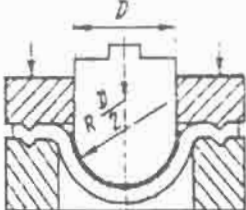
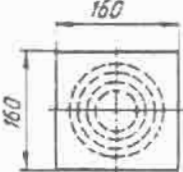
Theo đặc điểm biến dạng của quá trình dập tấm, người ta chia thành 2 nhóm chính:

- Biến dạng cắt vật liệu;
- Biến dạng dẻo vật liệu.

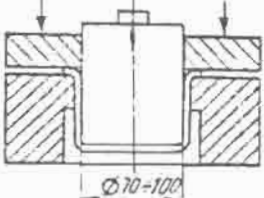
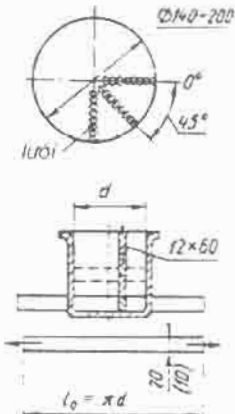
Nhóm các nguyên công cắt vật liệu nhằm tách một phần vật liệu này ra khỏi một phần vật liệu khác theo một đường bao khép kín hoặc không khép kín và kim loại bị phá vỡ liên kết giữa các phần tử (phá huỷ) tại vùng cắt.

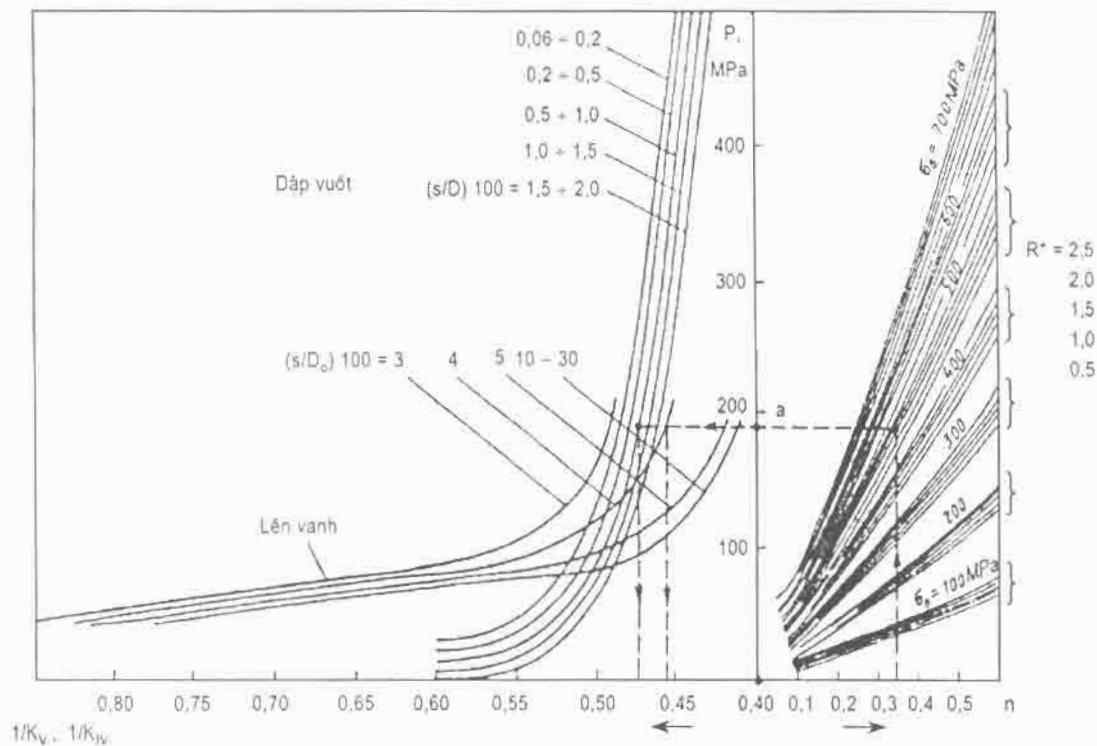
Nhóm các nguyên công biến dạng dẻo vật liệu nhằm thay đổi hình dạng và kích thước bề mặt của phôi bằng cách phân phối lại và chuyển dịch thể tích kim loại để tạo ra các chi tiết có hình dạng và kích thước cần thiết nhờ tính dẻo của kim loại và không bị phá huỷ tại vùng biến dạng. Trong đa số các trường hợp chiều dày vật liệu phôi hầu như không thay đổi hoặc thay đổi nhỏ nhưng không chủ định.

Bảng 1.3. Hình dạng và kích thước mẫu thử, sơ đồ thí nghiệm để xây dựng đồ thị biến dạng giới hạn

Dạng thí nghiệm	Sơ đồ thí nghiệm	Mẫu thử
1. Kéo mẫu có cắt khuyết		 $r = 10 \div 30$
2. Tạo hình dải có chiều rộng khác nhau bằng chày bán cầu		 $a = 40 \div 140$
3. Tạo hình mẫu tròn có cắt khuyết 2 bên		 $r = 20 \div 50$
4. Tạo hình dải có chiều rộng khác nhau bởi chày phẳng		 $b = 40 \div 200$
5. Tạo hình mẫu tròn có cắt khuyết 2 bên bằng chày phẳng		 $r = 0 \div 70$
6. Tạo hình mẫu vuông bằng chày bán cầu		

Bảng 1.3. (Tiếp theo)

<p>7. Kéo dài được cắt ra từ mẫu hình trụ (đã được dập vuốt) theo chiều dọc và chiều ngang</p>		
--	---	--



Hình 1.5. Toán đồ để xác định hệ số biến dạng giới hạn khi dập vuốt và lên vành.

Trong quá trình dập tấm người ta có thể dập riêng biệt từng nguyên công hoặc có thể kết hợp 2 hay nhiều nguyên công trên cùng một khuôn.

Khi dập riêng biệt từng nguyên công nói chung năng suất thấp, độ chính xác chi tiết thấp nhưng ưu điểm là khuôn đơn giản, dễ chế tạo, giá thành thấp phù hợp với sản xuất đơn chiếc hoặc loạt nhỏ.

Khi kết hợp 2 hoặc nhiều nguyên công trên cùng một khuôn người ta gọi là dập liên hợp.

Dập liên hợp sẽ cho năng suất cao, độ chính xác chi tiết cao, đồng thời giảm được số lượng thiết bị, giảm số công nhân do đó hạ được giá thành sản phẩm, nhưng nhược điểm là khuôn phức tạp, độ chính xác gia công cao, khó chế tạo do đó giá thành khuôn đắt, khó sửa chữa và thay thế khi hỏng hóc. Vì vậy dập liên hợp được áp dụng thích hợp khi sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối.

Tùy theo phương pháp kết hợp giữa các nguyên công, dập liên hợp được chia thành ba dạng chính:

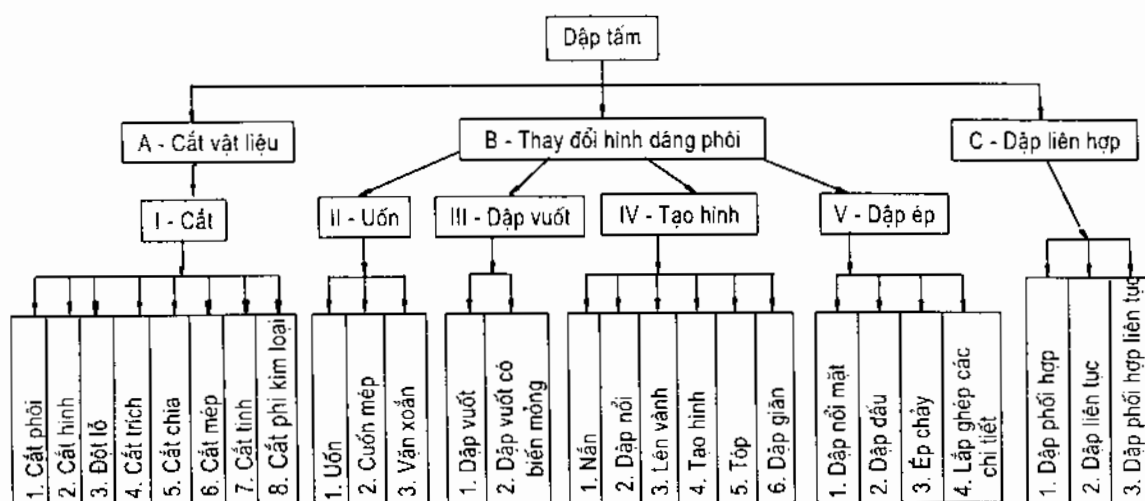
- Dập phối hợp là phương pháp đồng thời hoàn thành một số nguyên công khác nhau trên cùng một bộ khuôn trong một hành trình của máy (1 nhát đập) với một lần đặt phối.

- Dập liên tục là phương pháp kết hợp 2 hay nhiều nguyên công khác nhau trên cùng một khuôn được thực hiện liên tiếp nhau bởi những cặp chày - cối riêng biệt trong một số hành trình của máy và có sự dịch chuyển phối từ chày này sang chày khác.

- Dập liên tục - phối hợp là phương pháp kết hợp cả 2 phương pháp trên để hoàn thành 1 số nguyên công trên cùng 1 khuôn.

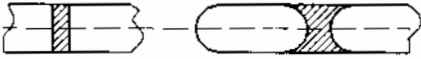
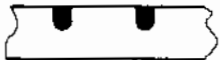
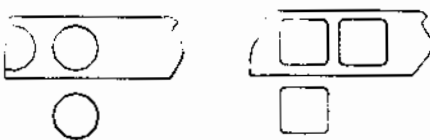
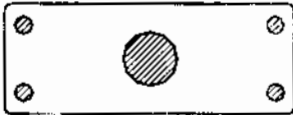
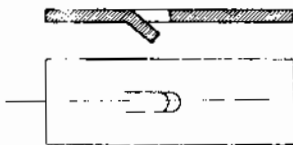
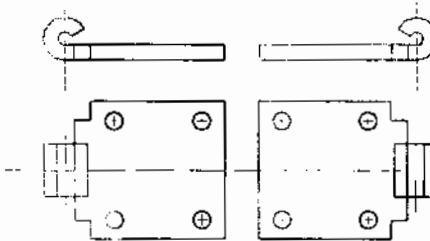

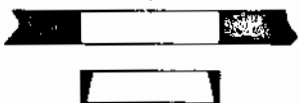
Khả năng kết hợp giữa các nguyên công rất đa dạng và phong phú, có thể kết hợp các nguyên công cắt - đột với nhau, hoặc có thể kết hợp cắt - đột - uốn hoặc: cắt - dập vuốt - tạo hình v.v... tùy theo hình dạng và kích thước của chi tiết, sự sáng tạo của người thiết kế công nghệ, các chi tiết dập tấm có thể được tạo ra với sự kết hợp của nhiều nguyên công khác nhau sao cho số nguyên công dập là ít nhất và giá thành thấp nhất.

Tùy theo đặc điểm biến dạng và đặc điểm công nghệ, phương pháp tiến hành v.v... người ta phân loại các nguyên công dập tấm như sau:



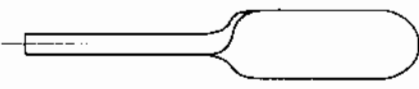
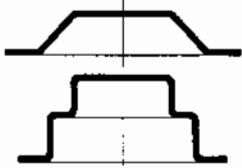
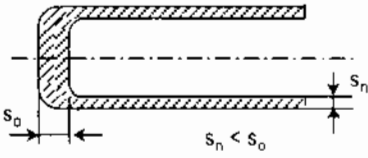
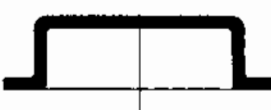
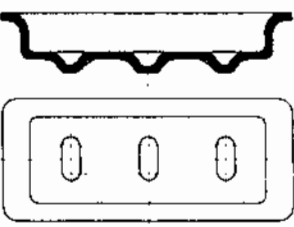

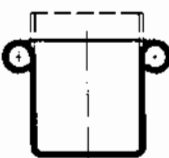


Tên gọi, đặc điểm, hình vẽ minh họa và định nghĩa của các nguyên công dập tấm được trình bày trong bảng 1.4.

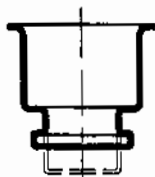

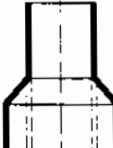
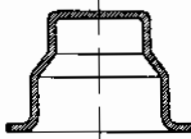


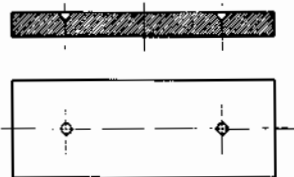
Bảng 1.4. Tên gọi và định nghĩa các nguyên công chủ yếu của dập tấm

Dạng gia công	Tên nguyên công	Hình vẽ chi tiết	Định nghĩa và đặc điểm của nguyên công
CẮT VẬT LIỆU	Cắt phôi		Cắt vật liệu thành các phần theo đường bao không khép kín.
	Cắt hồ		Cắt cục bộ một phần vật liệu ra khỏi phôi.
			Tách một phần kim loại theo một đường bao khép kín, phần kim loại tách ra là chi tiết.
	Đột lỗ		Cắt vật liệu theo đường bao khép kín để tạo thành lỗ suốt trên chi tiết hoặc trên tấm. Phần vật liệu cắt ra là phế liệu.
	Cắt trích		Tách một phần vật liệu theo đường bao không khép kín. Phần vật liệu tách ra không rời khỏi chi tiết.
	Cắt chia		Cắt phôi phẳng, phôi cong hoặc phôi rỗng thành hai hoặc một vài chi tiết riêng biệt. Áp dụng khi chế tạo những chi tiết không đối xứng, ban đầu chế tạo thành phôi đối xứng, sau đó cắt chia.
	Cắt mép		Cắt bỏ phần kim loại thừa theo đường bao ngoài hoặc phần mép không đều của chi tiết cong hoặc chi tiết đã dập vuốt.
	Cắt tinh		Cắt bỏ phần lượng dư công nghệ rất nhỏ theo đường bao của phôi hoặc lỗ nhằm mục đích đạt được hình dạng và kích thước chính xác, bề mặt cắt sạch và vuông góc với bề mặt chi tiết.

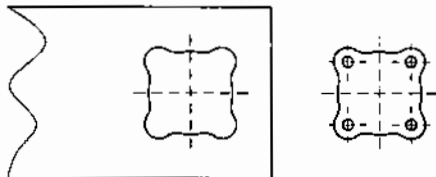
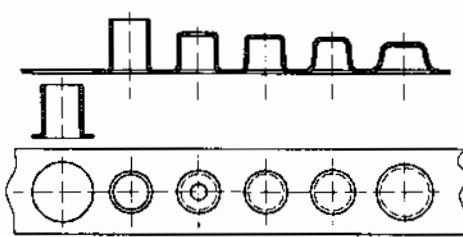
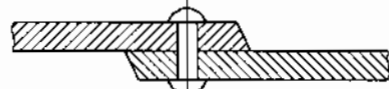


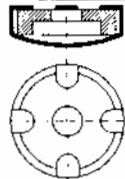
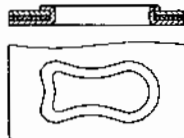
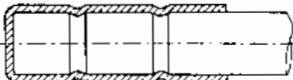

Bảng 1.4. (tiếp theo)

Dạng gia công	Tên nguyên công	Hình vẽ chi tiết	Định nghĩa và đặc điểm của nguyên công
UỐN	Uốn		Biến phôi phẳng thành chi tiết cong
	Cuốn		Cuốn các mép của phôi để tạo thành chi tiết có dạng vòng neo hoặc hình trụ.
	Vặn		Quay một phần phôi xung quanh trục dọc của nó.
DẬP VUỐT	Dập vuốt không biến mỏng		Là phương pháp nhận được chi tiết rộng từ phôi phẳng hoặc phôi rộng. Chiều dày vật liệu hầu như không đổi.
	Dập vuốt có biến mỏng		Là phương pháp nhận được chi tiết rộng từ phôi phẳng hoặc phôi rộng có chủ định biến mỏng chiều dày vật liệu.
TẠO HÌNH	Nấn		Khắc phục hiện tượng không bằng phẳng các bề mặt của phôi hoặc chi tiết.
	Dập nổi		Thay đổi hình dạng của sản phẩm nhưng không thay đổi chiều dày vật liệu, được thực hiện nhờ các phần lõi và lõm tương ứng của các bộ phận của khuôn.
	Lên vành		Tạo thành gờ theo đường bao ngoài hoặc đường bao trong của chi tiết.
	Cuốn mép		Tạo thành gờ mép có dạng tròn

Bảng 1.4. (tiếp theo)

Dạng gia công	Tên nguyên công	Hình vẽ chi tiết	Định nghĩa và đặc điểm của nguyên công
TẠO HÌNH	Tạo hình		Thay đổi hình dạng của phôi đã được dập vuốt sơ bộ để nhận được chi tiết có hình dạng cuối cùng hoặc kích thước chính xác hơn.
	Tóp		Làm giảm tiết diện ngang ở một phần của chi tiết rỗng hoặc ống.
	Giãn rộng (nong)		Tăng tiết diện ngang ở một phần của chi tiết rỗng hoặc ống.
	Tính chỉnh		Tạo cho chi tiết có hình dạng và kích thước chính xác
DẬP ÉP	Dập nổi mặt		Tạo những hình nổi lõm trên bề mặt chi tiết, có sự thay đổi chiều dày vật liệu.
	Ép chảy nguội		Biến đổi phôi dày thành chi tiết hoặc phôi rỗng mỏng bằng cách làm chảy dẻo kim loại qua khe hở giữa chày và cối.
	Dập dấu		Tạo vết lõm trên bề mặt chi tiết để sau đó khoan lỗ; ghi rõ loại sản xuất hay logo của sản phẩm

Bảng 1.4. (tiếp theo)

Dạng gia công	Tên nguyên công	Hình vẽ chi tiết	Định nghĩa và đặc điểm của nguyên công
DẬP LIÊN HỢP	Dập phối hợp		Đồng thời thực hiện hai hoặc một vài nguyên công khác nhau trong một bộ khuôn sau một hành trình của máy với một lần đặt phối.
	Dập liên tục		Liên tục thực hiện hai hoặc một vài nguyên công khác nhau trên một bộ khuôn sau một vài hành trình của máy với sự dịch chuyển phối liên tục theo bước của chày. Sau mỗi hành trình của máy nhận được một chi tiết.
LẮP GHÉP	Tán		Tạo mối ghép các chi tiết bằng đỉnh tán.
	Ép		Tạo ra mối ghép bằng cách lắp có độ dôi.
	Gấp mép		Ghép các chi tiết bằng cách tạo ra các khóa vòng.
	Uốn tai		Ghép hai chi tiết bằng cách uốn các tai.
	Uốn mép		Ghép hai hoặc một vài chi tiết bằng cách uốn gờ mép.
	Tóp		Ghép hai chi tiết bằng cách tóp một trong các chi tiết ghép.
	Giãn		Ghép hai chi tiết bằng cách giãn rộng một chi tiết ở bên trong.

Chương 2

NGUYÊN CÔNG CẮT

Những nguyên công cắt được sử dụng rộng rãi trong sản xuất dập tấm nguội. Sử dụng những nguyên công này chúng ta có thể cắt những thép tấm cán hoặc thép cuộn thành những băng hoặc dải, cắt những thép tấm cán tiêu chuẩn thành những phôi khác nhau, cắt hình để nhận được các loại chi tiết phẳng có hình dạng khác nhau, hoặc cắt phôi trước khi dập các chi tiết không gian, rỗng v.v...

Chúng ta chỉ khảo sát những nguyên công chủ yếu, thông dụng nhất được sử dụng trong chế tạo máy, nhằm xác định lĩnh vực sử dụng chúng và xác định các thông số cần thiết cho việc tính toán công nghệ.

2.1. CẮT VẬT LIỆU TẤM VÀ ỐNG

2.1.1. Nguyên lý biến dạng và khe hở tối ưu

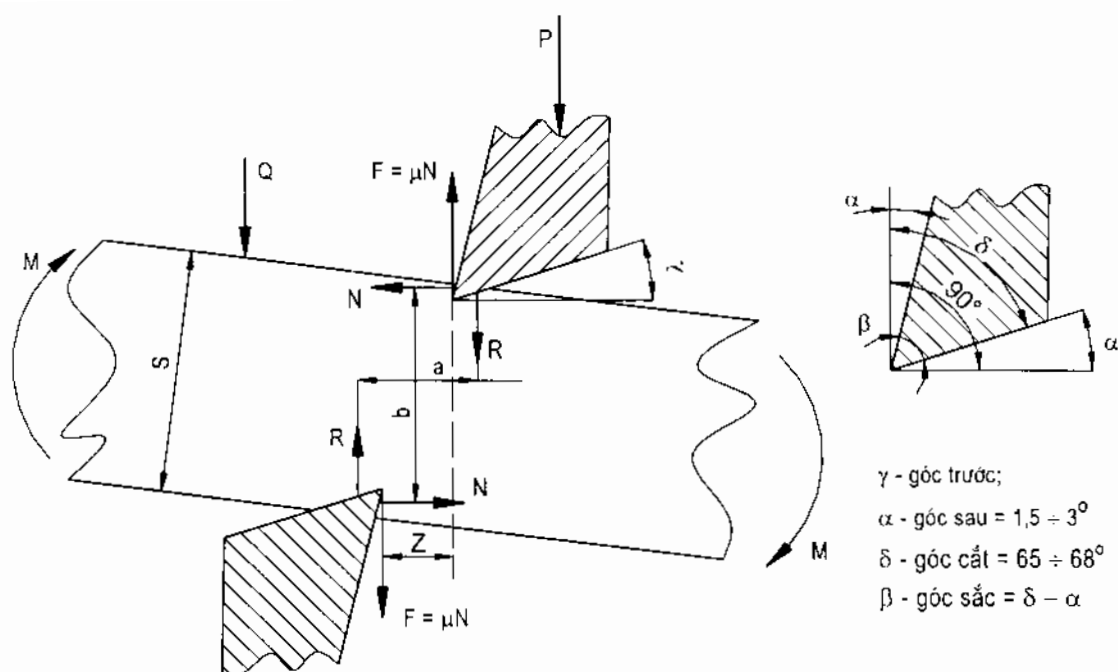
Nguyên lý biến dạng khi thực hiện các nguyên công cắt có thể khảo sát qua ví dụ nguyên công cắt phôi và cắt chia. Những nguyên công này được thực hiện nhờ những máy cắt chuyên dùng hoặc bằng khuôn cắt. Bộ phận làm việc là những lưỡi cắt nhấn sâu vào trong kim loại làm cho nó bị biến dạng dẻo cho đến khi tách hoàn toàn một phần vật liệu này ra khỏi phần vật liệu khác. Giữa các lưỡi cắt có một khe hở Z . Khi cắt sẽ sinh ra mômen uốn M bằng tích số giữa lực cắt đặt tại lưỡi cắt với khoảng cách (cánh tay đòn) lớn hơn khe hở Z một chút:

$$M = a.R \quad \text{trong đó } a > Z$$

Mômen uốn làm cho phôi cắt bị quay đi. Khi đó sẽ sinh ra phản lực N ở bề mặt bên của lưỡi cắt (hình 2.1). Tấm kim loại sẽ ngừng quay khi mômen uốn M cân bằng với mômen do phản lực N gây ra:

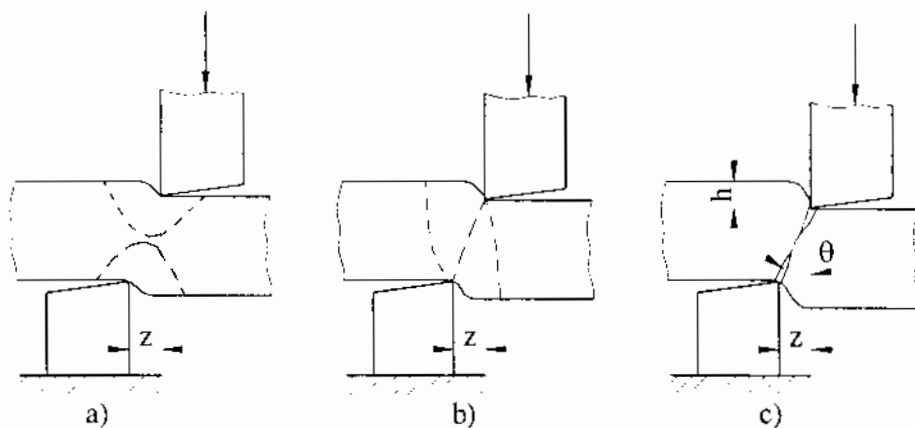
$$M = a.R = N.b$$

Trong quá trình cắt nếu tấm kim loại bị quay đi một góc thì chất lượng mặt cắt sẽ rất kém, bị ba vĩa và đôi khi không thể cắt được nếu trị số khe hở Z lớn. Vì vậy cần phải loại bỏ hiện tượng quay của tấm (hoặc thanh) trong quá trình cắt bằng cơ cấu chặn với lực chặn Q , đồng thời giảm khe hở giữa 2 lưỡi dao đến trị số thích hợp và mài dao vát góc trước γ .



Hình 2.1. Sơ đồ tác dụng lực khi cắt và hình dạng lưỡi cắt.

Trong quá trình tách phần kim loại này ra khỏi một phần kim loại khác có thể chia thành các giai đoạn riêng biệt (hình 2.2).



Hình 2.2. Các giai đoạn của quá trình cắt.

Ở giai đoạn đầu của quá trình cắt biến dạng dẻo tập trung ở mép làm việc của lưỡi cắt sau đó ổ biến dạng bao quanh lưỡi cắt (hình 2.2a).

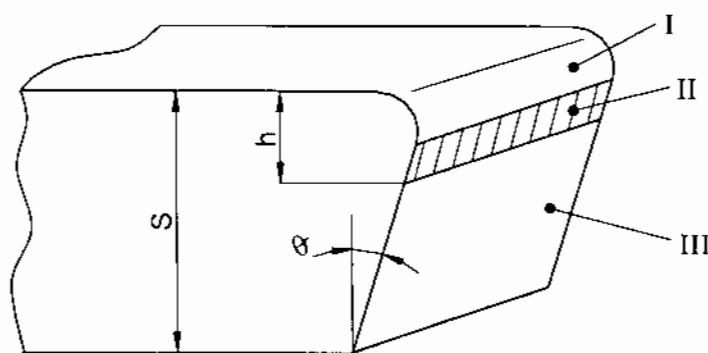
Giai đoạn 2 bắt đầu khi có sự dịch chuyển tương đối giữa phần này đối với phần kia

của tấm (hình 2.2b). Ở giai đoạn này nó tạo ra bề mặt phẳng nhẵn, sáng bóng và được san phẳng bởi lực ma sát F hướng dọc theo bề mặt bên của lưỡi dao.

Do sự tiến lại gần nhau của các lưỡi cắt, mức độ biến dạng tăng lên và khi đó tính dẻo của kim loại bị mất đã bắt đầu giai đoạn 3. Các vết nứt xuất hiện, phát triển và phá huỷ kim loại cho đến khi kết thúc quá trình tách phần vật liệu này ra khỏi phần vật liệu khác của tấm (hình 2.2c). Sự phá huỷ kim loại xảy ra ở phía trước mép làm việc của lưỡi dao trong tấm, vì thế các vết nứt được gọi là các vết nứt phá vỡ trước.

Sự đứt vỡ bắt đầu khi lưỡi dao ép sâu vào trong tấm đến một chiều sâu h xác định. Chiều sâu h này tùy thuộc vào tính chất cơ lý của kim loại và chiều dày S của tấm, nó được xác định bằng thực nghiệm và thay đổi trong khoảng từ $0,2 \div 0,8$ chiều dày S của phôi, nếu vật liệu càng dẻo thì h càng lớn.

Chúng ta có thể thấy rõ các giai đoạn của quá trình cắt được đặc trưng bởi hình dạng của bề mặt cắt (hình 2.3).



Hình 2.3. Bề mặt bên của phần kim loại được cắt ra.

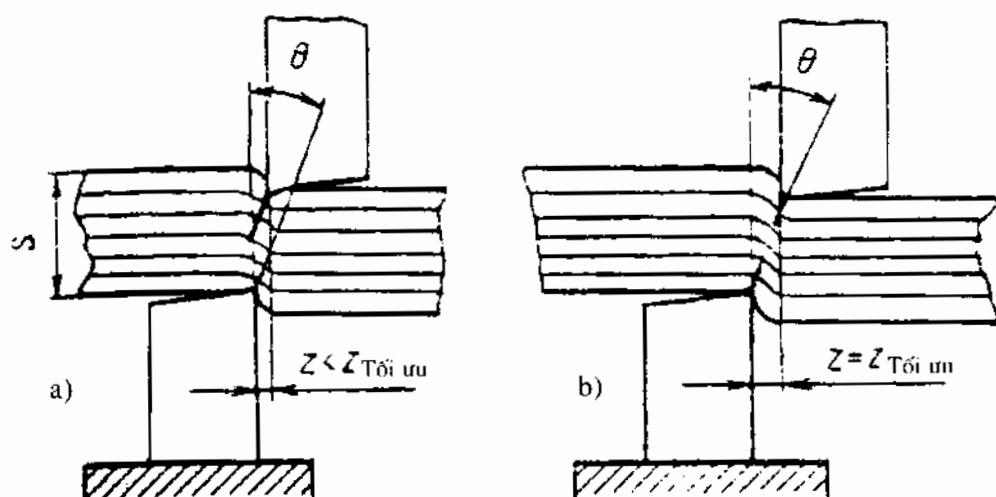
Vùng I là vùng bị uốn của tấm do các lớp kim loại liền kề với bề mặt cắt (dọc theo chiều rộng của tấm) bị bao trùm bởi biến dạng dẻo thay đổi từ giá trị không ở lớp giới hạn ngoài cùng đến giá trị cực đại ở bề mặt bị tách ra, hơn nữa mức độ của sự thay đổi này lại xảy ra theo một quy luật hàm số mũ.

Vùng II là vùng có bề mặt sáng bóng, được san phẳng bởi lực ma sát.

Vùng III là vùng bề mặt nứt vỡ được tạo ra do sự xuất hiện và phát triển của các vết nứt. Các vết nứt này tạo với bề mặt của tấm một góc θ xác định và được gọi là góc nứt tự nhiên. Giá trị của góc $\theta = (4 \div 6)^\circ$ tùy thuộc vào tính chất cơ lý của vật liệu.

Tùy thuộc khe hở giữa các lưỡi cắt Z và độ lún sâu của lưỡi dao vào chiều dày tấm h tại thời điểm bắt đầu sự phá huỷ, các vết nứt vỡ xuất phát từ các mép làm việc của lưỡi dao trên và dưới có thể song song với nhau (hình 2.4.a) hoặc gặp nhau (hình 2.4b). Khi các vết

nứt ở mép làm việc của các lưỡi cắt ghép nhau thì trị số khe hở Z là tối ưu bởi vì khi đó chất lượng mặt cắt là tốt nhất, mặt cắt phẳng và nhẵn.



Hình 2.4. Sơ đồ phân bố các vết nứt tại mép cắt.

Trị số khe hở tối ưu được xác định nếu biết được giá trị của h và θ .

$$Z_{\text{tối ưu}} = (S - h) \tan \theta \quad (2-1)$$

Phân tích công thức (2-1) chúng ta có thể thấy rằng trị số khe hở tối ưu sẽ tăng lên khi chiều dày vật liệu tăng và giảm trị số h (như vậy vật liệu càng dẻo thì trị số khe hở tối ưu càng nhỏ).

Chiều cao tương đối của dải sáng h/S tùy thuộc vào loại vật liệu phôi và tốc độ biến dạng. Giá trị của tỷ số h/S có thể được xác định theo công thức kinh nghiệm. Ví dụ đối với thép 08KП (khi $\sigma_b = 300\text{MPa}$) ta có:

$$h/S = 0,76 - 0,035.S - 0,0014.n$$

trong đó: n - số hành trình/phút của máy ép.

Trên thực tế trị số khe hở tối ưu $Z_{\text{tối ưu}}$ được xác định theo các số liệu trên cơ sở thực nghiệm và những kinh nghiệm của những nhà máy tiên tiến. Đối với thép mềm trị số khe hở tối ưu thay đổi tùy thuộc vào chiều dày vật liệu từ 0,02 (khi $S = 0,25$) đến 0,82 (khi $S = 12,5$).

Một cách gần đúng có thể coi rằng với $S \leq 4$ thì:

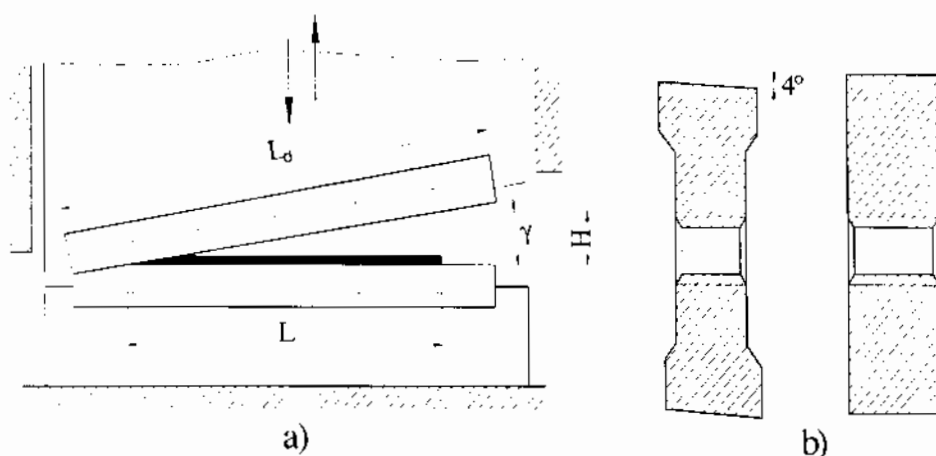
$$Z_{\text{tối ưu}} = (0,03 \div 0,06) \text{ mm.}$$

Theo số liệu kinh nghiệm của hãng ERFURT khi cắt trên máy cắt tấm dao nghiêng $Z_{\text{tối ưu}} = 1/30$ chiều dày vật liệu.

2.1.2. Cắt trên các máy cắt có lưỡi dao chuyển động tịnh tiến

Theo đặc điểm chuyển động của bộ phận làm việc, các máy cắt dùng để cắt kim loại tấm được chia thành 2 loại: máy cắt có lưỡi dao chuyển động tịnh tiến và lưỡi dao chuyển động quay.

Các máy cắt có lưỡi dao chuyển động tịnh tiến được sản xuất có dẫn động cơ khí hoặc thủy lực. Trong các phân xưởng chuẩn bị phôi, để cắt các tấm kim loại chiều dày $\leq 10 + 12$ mm người ra thường sử dụng rộng rãi các máy cắt có dẫn động cơ khí (trục khuỷu có dao nghiêng). Để cắt các thép tấm dày $S \leq 40$ mm người ta thường sử dụng máy cắt dẫn động bằng thủy lực và có lưỡi dao nghiêng với các dạng khác nhau.



Hình 2.5. Máy cắt dẫn động trục khuỷu có lưỡi cắt nghiêng và hình dạng tiết diện ngang của lưỡi cắt.

Khi bố trí lưỡi dao trên nghiêng quá trình cắt xảy ra dần dần, trên phần bị tách ra của tấm, vì thế lực cắt nhỏ hơn so với khi cắt trên máy cắt dao song song. Ngoài ra tải trọng tĩnh đặt lên mép làm việc của lưỡi dao làm tăng độ cứng vững của chúng.

Góc nghiêng của lưỡi dao trên γ cần phải đảm bảo tự hãm, nghĩa là với góc nghiêng đó trong quá trình cắt sẽ không có sự dịch chuyển tấm trong mặt phẳng nằm ngang. Tùy theo chiều dày của tấm, góc nghiêng $\gamma = (2 + 6)^\circ$, vật liệu càng dày góc γ càng lớn. Để ngăn ngừa hiện tượng lật tấm khi cắt, trong kết cấu của máy cắt người ta bố trí một dầm chặn trước (dầu trượt) có dẫn động từ trục chính.

Các thông số chủ yếu của máy cắt như: chiều dài lớn nhất và chiều dày của vật liệu có thể cắt được. Theo tiêu chuẩn ГОСТ thì chiều dài lớn nhất có thể cắt được trên các máy cắt dao nghiêng là: 4000mm với chiều dày lớn nhất là 40mm, và giới hạn bền $\sigma_b \leq 500$ MPa.

Trường hợp khi $\sigma_b > 500$ MPa thì chiều dày lớn nhất của tấm có thể cắt được sẽ được xác định xuất phát từ điều kiện lực cắt không đổi:

$$S_x = S \cdot \sqrt{\frac{500}{\sigma_b}} \quad (2-2)$$

trong đó: S_x và σ_b là chiều dày và giới hạn bền của vật liệu cần cắt.

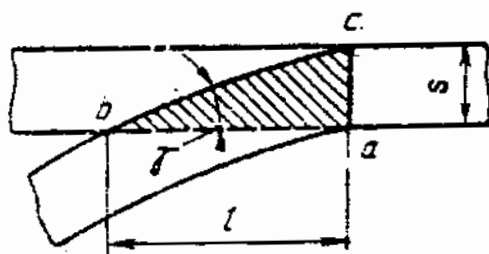
Lực cắt khi cắt trên các máy cắt dao nghiêng được xác định theo công thức:

$$P_t = S^2 \cdot \sigma_c / 2 \operatorname{tg} \gamma \quad (2-3)$$

Tại mỗi thời điểm cắt, khi cắt trên máy cắt dao nghiêng ta có thể coi gần đúng diện tích cắt:

$$F = l \cdot S / 2$$

tức là bằng diện tích tam giác abc (hình 2.6). Vì $l = S / \operatorname{tg} \gamma$ nên $F = S^2 / 2 \operatorname{tg} \gamma$.



Hình 2.6. Sơ đồ xác định lực cắt trên máy cắt dao nghiêng.

Nếu coi lực cắt bằng tích số giữa diện tích cắt và trở lực cắt ta có:

$$P_t = \frac{0,5 \cdot S^2 \cdot \sigma_c}{\operatorname{tg} \gamma}$$

Nếu tính đến độ cùn dao và các yếu tố ảnh hưởng thì lực cắt thực tế sẽ là:

$$P = k \cdot P_t = (1,1 \div 1,3) \frac{0,5 \cdot S^2 \cdot \sigma_c}{\operatorname{tg} \gamma} \quad (2-4)$$

trong đó: k - hệ số = $1,1 \div 1,3$;

P_t - lực cắt tính toán theo công thức trên;

σ_c - trở lực cắt của vật liệu;

S - chiều dày vật liệu;

γ - góc nghiêng của dao.

Tính chất cơ lý của vật liệu, khe hở giữa các lưỡi cắt, tốc độ biến dạng, điều kiện ma sát v.v... có ảnh hưởng lớn đến trở lực cắt của vật liệu σ_c và do đó ảnh hưởng đến lực cắt. Nếu vật liệu có độ bền càng lớn và tính dẻo càng giảm, cũng như tốc độ biến dạng càng tăng thì trở lực cắt σ_c tăng, nếu khe hở giữa các lưỡi cắt tăng thì σ_c giảm.

Trở lực cắt được xác định trên cơ sở tổng hợp các số liệu thực nghiệm theo bảng riêng bao gồm các loại vật liệu tấm khác nhau ở trạng thái biến cứng nguội và trạng thái đã được ủ,

cũng như đối với các loại vật liệu phi kim loại (chất dẻo, da, cao su v.v...).

Trở lực cắt σ_c cũng có thể xác định một cách gần đúng theo giới hạn bền. Ví dụ đối với thép cacbon:

$$\sigma_c = (0,7 \div 0,8)\sigma_b$$

Khi cắt trên các máy cắt dao nghiêng có thể xảy ra hiện tượng uốn (xoắn) các dải phôi xung quanh trục của nó. Nếu góc nghiêng của lưỡi dao trên γ càng lớn, và chiều rộng của dải cắt càng nhỏ thì hiện tượng uốn (xoắn) càng nhiều. Do đó nếu chiều rộng của dải phôi cắt nhỏ ($B \leq 50 \div 60$ mm) thì việc cắt trên các máy cắt dao nghiêng là không hợp lý. Khi đó nên cắt trên các máy có dao song song (góc $\gamma = 0$).

Khi cắt trên máy cắt dao song song, lực cắt được cắt xác định theo công thức sau:

$$P = k \cdot L \cdot S \cdot \sigma_c \quad (2-5)$$

trong đó: k - hệ số = $1,1 \div 1,3$;

L - chiều dài đường cắt;

S - chiều dày vật liệu;

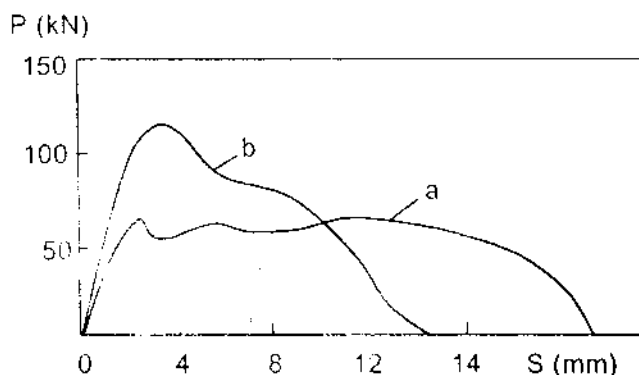
σ_c - trở lực cắt của vật liệu.

Khi cắt trên các máy cắt dao nghiêng, lực cắt P ở các giai đoạn đã ổn định của quá trình cắt thay đổi không đáng kể (hình 2.7 đường cong a). Do đó công thức để xác định công biến dạng A sẽ là:

$$A = \frac{P \cdot H}{1000} \quad (2-6)$$

trong đó H là hành trình làm việc, $H = L \cdot \tan \gamma$. Do đó:

$$A = \frac{P \cdot L \cdot \tan \gamma}{1000} \quad (2-6a)$$



Hình 2.7. Sự thay đổi của lực khi cắt trên máy cắt:
a) dao nghiêng; b) dao song song.

Khi cắt trên máy cắt dao song song lực cắt P tăng nhanh và đạt giá trị cực đại, sau đó giảm dần (đường cong b hình 2.7).

Khi cắt các tấm như nhau thì công biến dạng được đặc trưng bởi diện tích của phần bề mặt giới hạn bởi đường cong a và b (đường cong tải trọng làm việc) là gần bằng nhau, tuy nhiên ở trường hợp a lực cắt nhỏ hơn so với b . Do đó công suất dẫn động của các máy cắt dao nghiêng nhỏ hơn so với máy cắt dao song song. Thực tế đã chứng minh rằng do có sự uốn các dải cắt khi cắt trên máy cắt dao nghiêng nên công biến dạng tiêu hao lớn hơn 10 ÷ 15% so với khi cắt trên máy cắt dao song song. Khi cắt trên máy cắt dao nghiêng chiều rộng của dải cắt và các phôi chiếc^(*) cũng như độ song song giữa các cạnh của chúng được đảm bảo bởi các cỡ lap trên thân máy và được điều chỉnh bởi một cơ cấu đặc biệt.

Công biến dạng có thể tính toán được nếu chúng ta biết được diện tích giới hạn bởi đường cong tải trọng làm việc (được xác định bởi máy vẽ đồ thị) hoặc biết được hệ số diện tích của đường cong tải trọng làm việc:

$$\lambda = P_{cp}/P_{max}$$

Trong đó P_{cp} là tỷ số giữa diện tích của đường cong tải trọng làm việc với hành trình của lưỡi dao (bằng chiều dày phôi) khi đó ta có công biến dạng sẽ là:

$$A = \lambda \cdot P_{max} \cdot S \quad (2-6.b)$$

Theo các số liệu thực nghiệm khi:

- $S < 2 \text{ mm}$ thì $\lambda = 0,75 \div 0,55$.
- $S = 2 \div 4 \text{ mm}$ $\lambda = 0,55 \div 0,45$.
- $S > 4 \text{ mm}$ $\lambda = 0,46 \div 0,3$.

Vật liệu càng mỏng và dẻo trị số λ càng lớn, vật liệu cứng, giòn và chiều dày lớn thì trị số λ càng nhỏ.

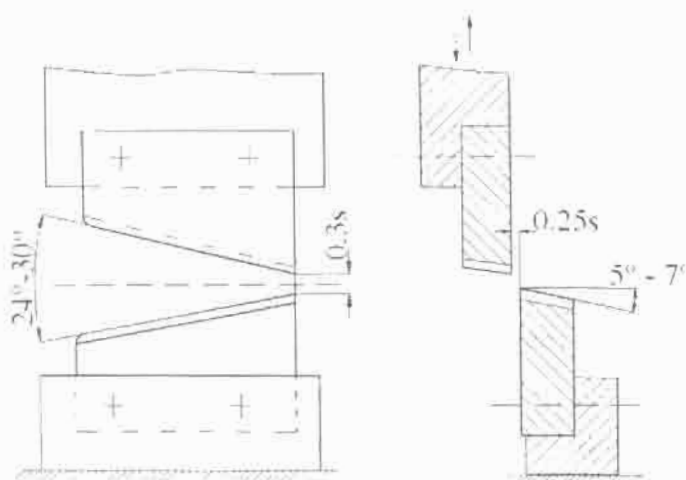
Tiết diện ngang của các lưỡi cắt có dạng như (hình 2.5.b). Lưỡi cắt có góc trước $\alpha = 4^\circ$ được dùng để cắt kim loại tấm có chiều dày $< 4 \text{ mm}$, còn lưỡi cắt có $\alpha = 0^\circ$ dùng để cắt các tấm dày. Khi chiều dài lưỡi cắt lớn hơn 600mm người ta có thể chia thành từng đoạn để dễ nhiệt luyện và có thể thay thế từng đoạn. Một dạng khác của máy cắt dao nghiêng là máy cắt rung (máy cắt dao động), loại này thường có lưỡi dao dưới kẹp chặt trên thân máy và cố định, còn lưỡi dao trên chuyển động tịnh tiến nhờ cơ cấu cam đặc biệt với số hành trình từ (1200 ÷ 2500) hành trình/phút (hình 2.8). Máy cắt rung chủ yếu dùng để cắt các đường cong (cả đường bao ngoài và đường bao trong) với bán kính lượn $R > (12 \div 15) \text{ mm}$, và chiều dày vật liệu $S \leq 3 \text{ mm}$. Độ chính xác kích thước thấp, góc mở của các lưỡi dao trong máy cắt rung thường từ $24 \div 30^\circ$ (lớn hơn góc tự hãm) do đó các tấm được đưa vào lưỡi cắt một cách từng bước. Hành trình của lưỡi cắt có thể thay đổi trong giới hạn từ (2 ÷ 4) mm.

^(*) Phôi chiếc là phôi rời rạc đơn lẻ.

Một đặc điểm của máy cắt rung là không có độ trùng dao, còn khe hở giữa các lưỡi cắt thì lớn hơn khe hở tối ưu $(0,2 \div 0,25)S$. Điều đó đảm bảo cho việc quay phôi xung quanh mép làm việc của dao trong quá trình cắt đường bao cong.

Nhược điểm của máy cắt rung so với máy cắt tấm là sự mài mòn nhanh các lưỡi cắt, cũng như sự tạo thành bavaria và răng cưa theo đường bao của phôi cắt. Do đó sau khi cắt phải sửa lại đường bao bằng cách kẹp lại thành từng chồng và phay lại theo đường bao. Máy cắt rung chỉ sử dụng trong sản xuất loạt nhỏ do năng suất thấp.

Lưỡi dao của các máy cắt dùng để cắt các thép tấm cacbon thấp thường được chế tạo bằng thép cacbon dụng cụ: Y8A, Y10A; còn khi cắt các thép có độ bền cao thường dùng thép hợp kim X12M hoặc tương đương. Độ cứng của lưỡi dao khi nhiệt luyện đạt $(58 \div 60)HRC$.



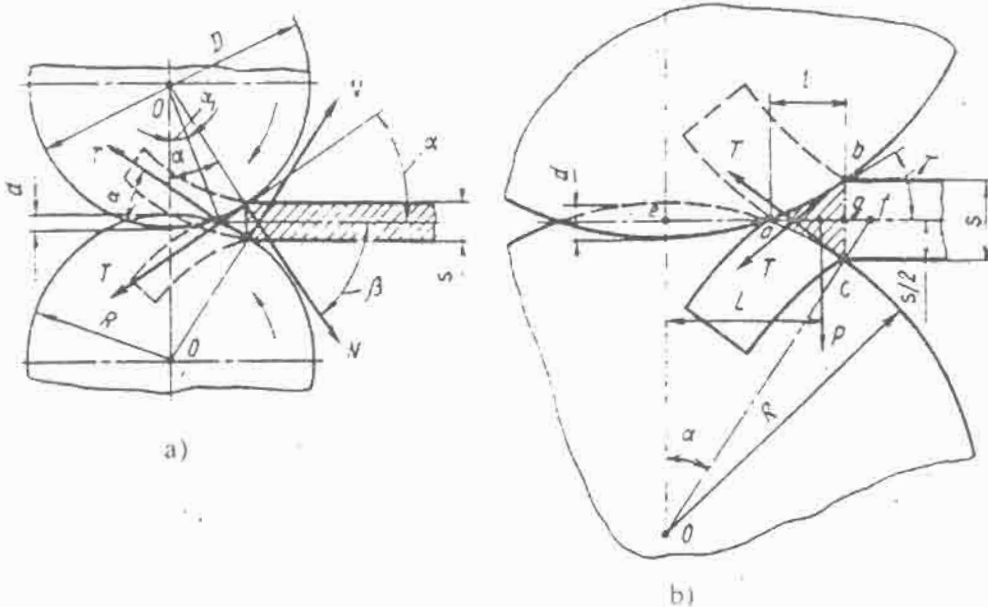
Hình 2.8. Sơ đồ máy cắt rung

2.1.3. Cắt trên các máy cắt có lưỡi dao chuyển động quay

Các máy cắt có lưỡi dao chuyển động quay hay còn gọi là máy cắt dao đĩa bao gồm các lưỡi cắt (đĩa) có cùng đường kính chuyển động quay ngược chiều nhau với cùng một tốc độ góc. Các mép làm việc của các đĩa dao được đặt sao cho độ trùng dao $d = (0,2 \div 0,4)S$ (hình 2.9).

Một đặc điểm nổi bật khi cắt trên máy cắt dao đĩa là với một đường kính đĩa dao xác định, các máy cắt không những chỉ cắt kim loại mà còn giữ chặt và kéo kim loại vào vùng cắt. Vì vậy chiều dài của dải cắt về nguyên tắc có thể là vô tận.

Thông số chính đặc trưng cho máy cắt dao đĩa là chiều dày lớn nhất của tấm cắt, nó có thể cắt được các tấm có chiều dày đến 25mm khi $\sigma_b \leq 500 \text{ MPa}$.



Hình 2.9. Sơ đồ lực tác dụng khi cắt trên máy cắt dao đĩa
(a) và ổ biến dạng dẻo (b).

Chúng ta khảo sát điều kiện "ăn dao" của các đĩa dao. Ở thời điểm tiếp xúc giữa các đĩa dao với tâm cố lực ma sát T và áp lực pháp tuyến N tác dụng lên tâm (hình 2.9a) các đĩa dao sẽ kéo tâm kim loại vào vùng cắt khi:

$$2.T. \cos \alpha > 2N. \cos \beta$$

Theo hình vẽ ta có: $\beta = (90^\circ - \alpha)$ và theo định luật Culông $T = \mu.N$ (trong đó μ là hệ số ma sát tiếp xúc). Thay vào bất đẳng thức trên ta có:

$$2. \mu. N. \cos \alpha > 2N. \sin \alpha$$

Từ đó ta có:

$$\mu \geq \tan \alpha. \quad (2-7)$$

Như vậy để có thể kéo tâm, các đĩa cắt ở thời điểm bắt đầu cắt cần phải đảm bảo sao cho tang của góc nghiêng giữa tiếp tuyến với đường bao của đĩa cắt tại điểm tiếp xúc với tâm và trục nằm ngang ($\tan \alpha$) phải bằng hoặc nhỏ hơn hệ số ma sát (với $\mu = 0,2 \rightarrow \alpha = 12^\circ$).

Ở giai đoạn ổn định của các quá trình cắt, điều kiện ăn dao có thể viết dưới dạng: $\mu \geq \tan \alpha_{tb}$ trong đó: $\alpha_{tb} = (\alpha_1 + \alpha)/2$.

$$\text{Hay:} \quad \mu \geq \tan [(\alpha + \alpha_1)/2] \quad (2-8)$$

Do chiều dày S rất nhỏ so với đường kính đĩa dao, giá trị của các góc α và α_1 cũng rất nhỏ nên chúng ta có thể coi:

$$\operatorname{tg}[(\alpha + \alpha_1)/2] \approx \operatorname{tg}\alpha/2 + \operatorname{tg}\alpha_1/2 \approx \sin \alpha/2 + \sin\alpha_1/2$$

Như vậy điều kiện ăn dao có dạng:

$$\mu \geq \sin \alpha/2 + \sin \alpha_1/2 \quad (2-8a)$$

Sử dụng các quan hệ hình học của chúng ta có:

$$R(1 - \cos \alpha) = d/2 + S/2$$

$$R(1 - \cos \alpha_1) = d/2$$

Sử dụng phép biến đổi lượng giác ta được:

$$(1 - \cos \alpha) = 2\sin^2 \alpha/2$$

$$(1 - \cos \alpha_1) = 2\sin^2 \alpha_1/2$$

Do đó:

$$2R \sin^2 \alpha/2 = (d + S)/2 \text{ và } 2R \sin^2 \alpha_1/2 = d/2$$

Suy ra:

$$\sin \alpha/2 = \frac{\sqrt{d+S}}{2\sqrt{R}} \quad \text{và} \quad \sin \alpha_1/2 = \frac{\sqrt{d}}{2\sqrt{R}}$$

Thay các trị số trên vào điều kiện ăn dao ở giai đoạn ổn định ta được:

$$\mu \geq \frac{\sqrt{d+S}}{2\sqrt{R}} + \frac{\sqrt{d}}{2\sqrt{R}} = \frac{\sqrt{d}}{2\sqrt{R}} (\sqrt{d+S} + \sqrt{d}) \quad (2-9)$$

Từ điều kiện này ta có thể xác định được đường kính nhỏ nhất của đĩa dao để đảm bảo điều kiện ăn dao trong quá trình cắt:

$$2R_{\min} = D_{\min} \geq \left[d + \sqrt{(d+S)d} + 0,5S \right] \frac{1}{\mu^2} \quad (2-10)$$

Như vậy đường kính đĩa dao sẽ càng lớn nếu như chiều dày vật liệu cắt S và độ trùng dao d càng lớn, lực ma sát trên bề mặt tiếp xúc của đĩa dao và tấm càng nhỏ. Nếu giá trị của độ trùng dao d thay đổi trong khoảng (0,2 ÷ 0,4)S thì đường kính của đĩa dao sẽ là:

$$D \geq (1,0 \div 1,2) \frac{S}{\mu^2} \quad (2-11)$$

Như vậy nếu hệ số ma sát $\mu = 0,15$ thì $D \geq (45 \div 55)S$ và nếu $\mu = 0,2$ thì

$$D \geq (25 \div 30)S.$$

Thực tế đã chứng minh rằng đường kính đĩa dao $D \geq (35 \div 50)S$ khi cắt thép tấm dày ($S > 4 \text{ mm}$) và $D \geq (25 \div 30)S$ khi cắt thép tấm mỏng, khi đó góc $\alpha < 14^\circ$.

Khi cắt trên máy cắt dao đĩa ổ biến dạng là tam giác có cạnh cong abc (hình 2.9b). Vì chiều dày S của vật liệu rất nhỏ so với bán kính đĩa dao R nên có thể coi gần đúng tam giác abc là tam giác có các cạnh thẳng.

Thành phần thẳng đứng của lực cắt P tác dụng theo đường song song với đường nối tâm của các đĩa dao, sẽ bằng tích số giữa diện tích của ổ biến dạng F với trở lực cắt σ_c :

$$P_c = F \cdot \sigma_c$$

trong đó: $F = \frac{(\overline{bc})l}{2}$; $l = \frac{(\overline{bc})}{2\text{tg}\gamma}$ và 2γ là góc ở đỉnh tam giác Δabc . Nếu coi:

$$\gamma = \alpha_{tb} = (\alpha + \alpha_1)/2$$

thì điểm đặt lực P trùng với trọng tâm của tam giác Δabc và ta có:

$$P_t = K \cdot \frac{S^2 \cdot \sigma_c}{4 \cdot \text{tg}\alpha_{tb}} = K \cdot \frac{S^2 \cdot \sigma_c \cdot \sqrt{R}}{2(\sqrt{S+d} + \sqrt{d})} \quad (2-12)$$

Như vậy lực cắt P sẽ tăng khi: S, σ_c , R tăng và độ trùng dao d giảm. Lực cắt giảm khi d tăng.

Mômen cần thiết để cắt bằng tích số giữa lực tiếp tuyến T với bán kính R hoặc bằng tích số giữa lực cắt P, với khoảng cách từ điểm đặt lực đến đường nối tâm của các đĩa dao (hình 2.9 b).

Có thể coi $L \approx \frac{D}{2} \sin \alpha$ nên:

$$M = P \frac{D}{2} \sin \alpha \quad (2-13)$$

Thay giá trị của lực P vào công thức trên ta được:

$$M = 0,125 \cdot S^2 \cdot \sigma_c \cdot D \cdot \cos \alpha \quad (2-14)$$

Có thể xác định $\cos \alpha$ từ các tam giác Δoef và Δcfg (hình 2.9b):

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{\overline{oe}}{R + cf} = \frac{R - d/2}{R + \frac{S}{2} \cdot \cos \alpha} \\ \Rightarrow \cos \alpha &= \frac{2 \cdot R - d - S}{2 \cdot R} = \frac{D - d - S}{D} \end{aligned}$$

Thay giá trị của $\cos \alpha$ ta được:

$$M = 0,125 \cdot S^2 \cdot \sigma_c \cdot (D - d - S) \quad (2-15)$$

Nếu tính đến hệ số $K = 1,3$ ta có:

$$M = 0,16 \cdot S^2 \cdot \sigma_c \cdot (D - d - S) \quad (2-15a)$$

Từ công thức này chúng ta có thể thấy rằng: mômen cần thiết để quay các đĩa dao sẽ tăng lên khi tăng các thông số chiều dày cắt S, trở lực cắt σ_c và đường kính đĩa dao D. Khi độ trùng dao d tăng thì mômen cắt giảm.

Công suất của động cơ điện N được xác định theo công thức:

$$N = \frac{M \cdot \omega}{\eta} = M \cdot \frac{\pi \cdot n}{30 \eta} \quad (\text{kW}) \quad (2-16)$$

trong đó: ω - tốc độ góc của đĩa dao (1/s);

n - số vòng quay của đĩa dao trong 1 phút (vòng/phút);

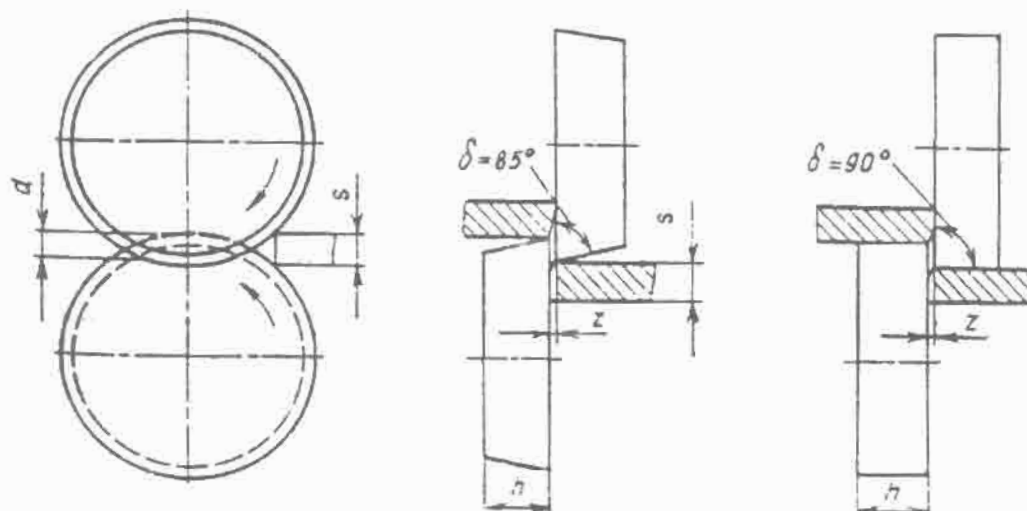
M - mômen cần thiết để cắt;

$\eta = 0,7 \div 0,8$: hiệu suất có ích của máy cắt dao đĩa.

Tuỳ theo hình dạng mép làm việc của đĩa dao và vị trí tương quan của các đĩa dao người ta có thể cắt được các dải có chiều dài vô tận hoặc có thể cắt được các cung tròn và các dạng đường cong khác.

Các máy cắt có các trục đĩa dao song song và nằm ngang thường có một hoặc một vài cặp đĩa dao được dùng chủ yếu để cắt các tấm thành các dải.

Các mép cắt của các đĩa dao thường có 2 dạng: góc cắt $\delta < 90^\circ$ và $\delta = 90^\circ$ (hình 2.10).



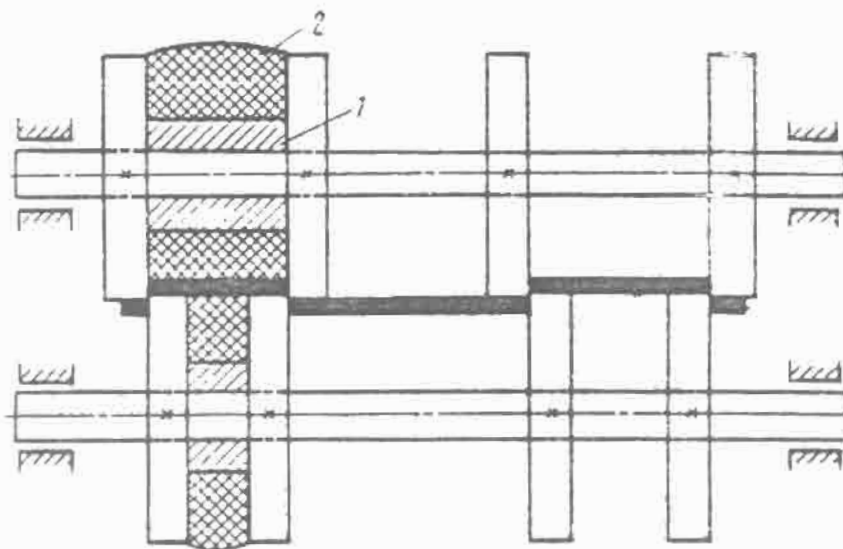
Hình 2.10. Kết cấu của dao cắt đĩa.

Các máy cắt dao đĩa có góc cắt $\delta < 90^\circ$ thường là các máy cắt có một cặp đĩa và thường để cắt kim loại tấm mỏng. Góc cắt $\delta = 85^\circ$, độ trùng dao $d = (0,2 \div 0,6)S$ và khe hở giữa các đĩa dao $Z = (0,06 \div 0,07)S$.

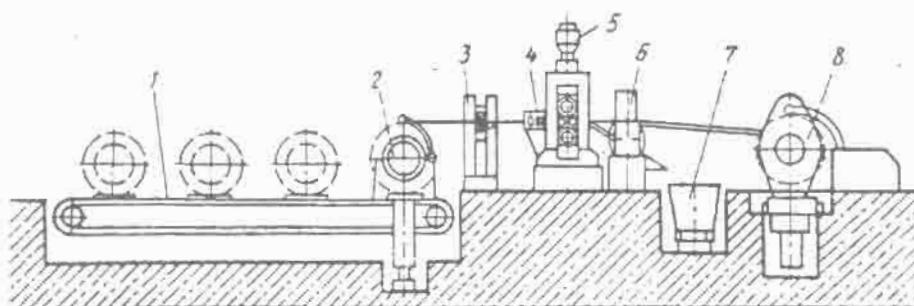
Máy cắt dao đĩa có góc cắt $\delta = 90^\circ$ thường có hai hay nhiều đĩa dao (nhiều cặp đĩa). Máy cắt nhiều cặp đĩa có thể cắt tấm hoặc rulô đồng thời thành nhiều dải hoặc băng có cùng chiều rộng hoặc với những chiều rộng khác nhau tuỳ theo vị trí của các cặp đĩa dao trên trục dao (hình 2.11). Máy cắt nhiều cặp đĩa thường được dùng trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối. Có thể cắt được các tấm hoặc rulô có chiều rộng đến 1600 mm và chiều dày S đến 3 mm. Chiều rộng tổng cộng của các dải cắt cần phải nhỏ hơn $(5 \div 6)\%$ chiều rộng của tấm để loại bỏ sự không đồng đều của mép tấm. Để đảm bảo độ chính xác kích thước của

các dải cắt về chiều rộng, giữa các cặp đĩa dao thường có các bạc chặn 1, và để hạn chế các dải cắt bị uốn người ta sử dụng các vòng cao su 2 (hình 2.11).

Việc cắt các cuộn rulo cán rộng thành các băng được tiến hành trên các dây chuyền tự động chuyên dùng (hình 2.12) và được sử dụng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp.



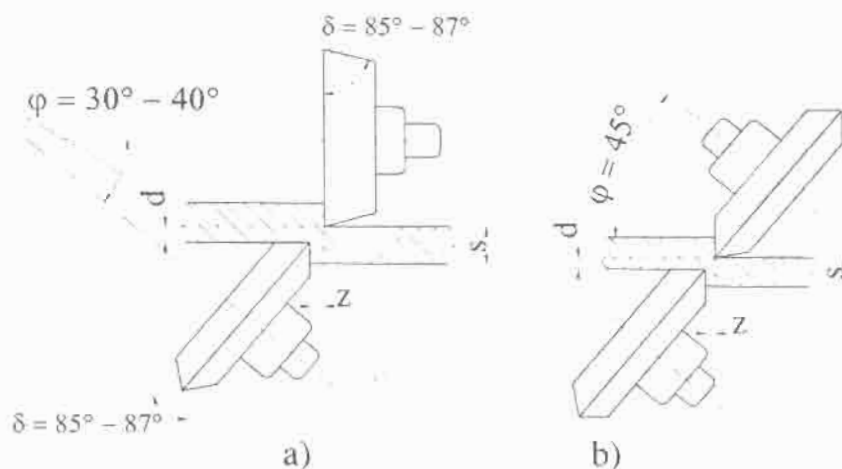
Hình 2.11. Sơ đồ máy cắt nhiều cặp đĩa.



Hình 2.12. Dây chuyền cắt.

Để cắt các cung tròn và các đường cong theo dấu người ta sử dụng máy cắt một cặp đĩa có trục dao nghiêng. Máy cắt có một trục dao nghiêng để cắt các phôi có bán kính tương đối lớn và chiều dày vật liệu nhỏ. Góc nghiêng của trục dao $\varphi \approx (30 \div 40)^\circ$ và góc cắt $\delta = (85 \div 87)^\circ$ (hình 2.13a).

Máy cắt có 2 trục dao nghiêng (so với phương ngang) dùng để cắt các đường cong, hình dạng phức tạp với bán kính tương đối nhỏ (hình 2.13b).



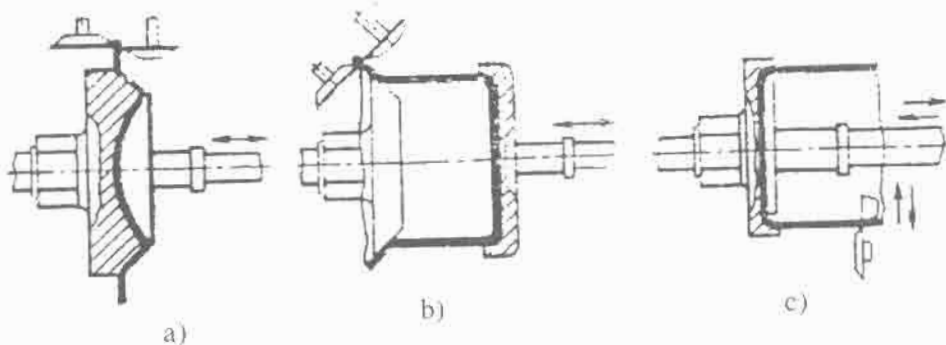
Hình 2.13. Máy cắt đĩa, trục dao nghiêng.

Đặc điểm chủ yếu của máy cắt dao đĩa có các trục dao nghiêng là không có độ trùng dao, khoảng cách giữa các mép cắt của dao theo phương thẳng đứng $d = 0,25S$ và khe hở giữa các đĩa dao tương đối lớn $Z = (0,2 \div 0,25)S$, đặc điểm này cho phép có thể dễ dàng quay tâm kim loại so với mép làm việc của dao trong quá trình cắt và do đó có thể cắt được các đường cong và hình dạng phức tạp.

Khi góc nghiêng của trục dao $\varphi = 45^\circ$ thì có thể cắt được cung tròn với bán kính nhỏ nhất là $R_{\min} = 0,7.D$ (trong đó D là đường kính đĩa dao). Ngoài ra bán kính nhỏ nhất có thể cắt được còn tùy thuộc vào chiều dày của phôi, R_{\min} giảm khi chiều dày S giảm.

Tùy theo chiều dày của phôi, đường kính của đĩa dao có thể thay đổi từ $(50 \div 300)$ mm và chiều dày của dao từ $(20 \div 90)$ mm. Đĩa dao thường được làm bằng thép hợp kim dụng cụ Y8A hoặc tương đương. Độ cứng của dao sau khi nhiệt luyện thường từ $(48 \div 52)$ HRC, các bề mặt làm việc của đĩa dao thường phải mài và độ không song song nhỏ nhất cho phép của các bề mặt này $\leq 0,02$ mm trên 300 mm đường kính của đĩa.

Người ta có thể dùng máy cắt dao đĩa để cắt mép các chi tiết sau khi dập vuốt (hình 2.14). Khi chiều dày của phôi từ $0,3 \div 0,7$ mm và đường kính chi tiết không lớn $(300 \div 400)$ mm thì có thể cắt mép bằng máy cắt dao đĩa và máy cắt dao đĩa này được đặt trên một máy cắt chuyên dùng. Khe hở tối ưu giữa các đĩa cắt từ $(0,25 \div 0,5)S$ đường kính đĩa cắt từ $(120 \div 70)$ mm và tốc độ quay của trục chính là 500 vòng/phút.



Hình 2.14. Sơ đồ cắt mép bằng máy cắt dao đĩa.

Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối (ví dụ sản xuất nổi kim loại) người ta sử dụng các máy tự động và bán tự động chuyên dùng để cắt mép bằng các đĩa dao và các con lăn.

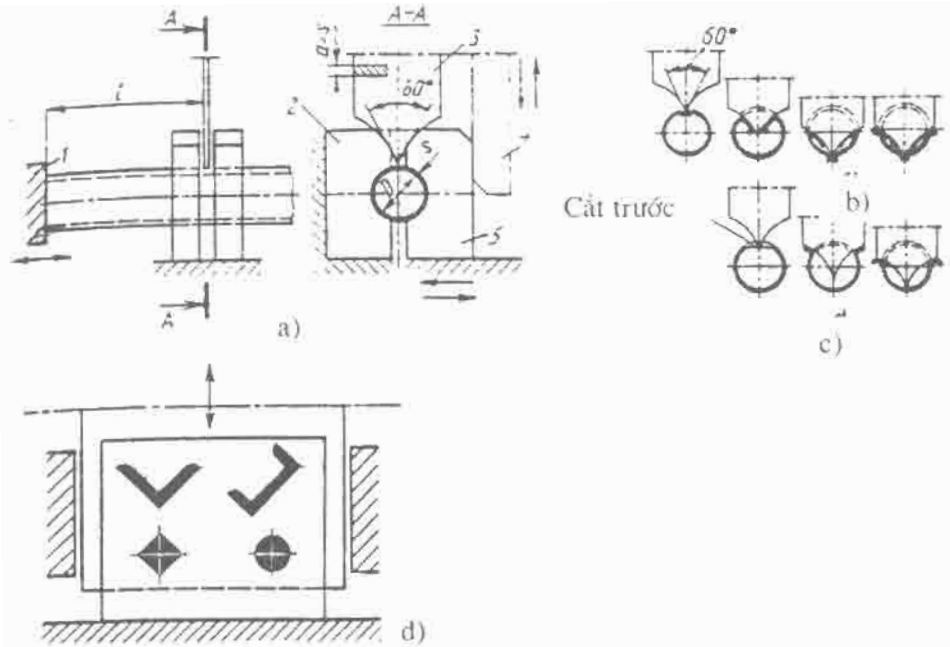
2.1.4. Cắt ống bằng khuôn

Có thể thực hiện việc cắt ống bằng khuôn với các ống có đường kính ($60 \div 80$) mm và chiều dày thành ($4 \div 5$) mm. Với các ống có đường kính lớn hơn ($60 \div 80$) mm và chiều dày thành ống lớn hơn 5 mm thì việc cắt bằng khuôn là không hợp lý, do mép cắt của dao mòn nhanh và thường bị sứt mẻ. Việc cắt các ống đường kính lớn thường được tiến hành bằng phương pháp cưa (cưa dài, cưa đĩa ma sát, đĩa dao ném...). Sơ đồ cắt ống bằng khuôn được trình bày trên hình 2.15a.

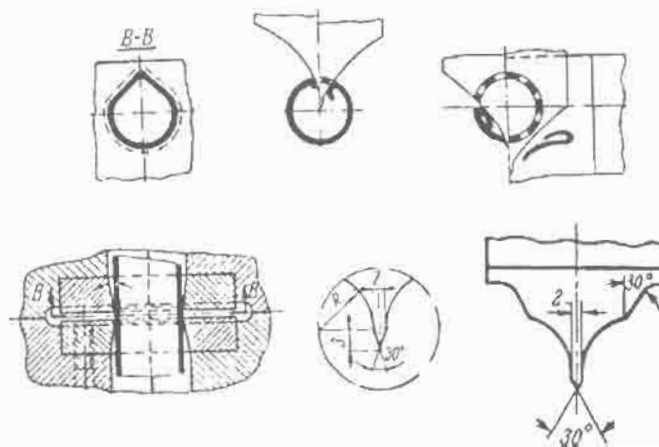
Việc cắt ống bằng khuôn được tiến hành đồng thời trên hai mặt phẳng cắt, nghĩa là có phế liệu. Người ta đẩy ống xuyên qua lỗ của cối có đường kính D đến cỡ 1. Khi đầu trượt đi xuống, phối ống sẽ được kẹp chặt bởi các nửa cối tĩnh 2 và nửa cối động 5 nhờ thanh chêm 4 sao cho ống bị biến dạng dẻo không đáng kể (nhằm làm giảm khả năng bị ép méo khi cắt). Sau đó ống sẽ bị cắt bởi các mặt phẳng của lưỡi dao (chày) và cối. Đầu tiên lưỡi cắt 3 tiếp xúc với ống và xuyên thủng ống bằng đỉnh nhọn, sau đó quá trình cắt xảy ra một cách nhẹ nhàng. Chiều dày của chày cắt 3 thường lấy bằng chiều dày thành ống và góc nhọn ở đỉnh chày thường lấy bằng 60° hoặc có thể có dạng như hình 2.16.

Nhược điểm chủ yếu của khuôn này là tuổi thọ của chày thấp, chất lượng mặt cắt không cao và làm méo tiết diện ngang của ống.

Khi chày 3 ép vào ống xảy ra biến dạng đàn hồi cục bộ và sau đó là biến dạng dẻo làm uốn thành ống, làm cho nó mất ổn định và bị xuyên thủng tạo thành một lỗ hổng tại vùng cắt ở thành ống, chày tiếp tục đi xuống quá trình cắt xảy ra và phế liệu được cuốn vào phía trong ống cho đến khi nó tiếp xúc với phần thành ống không bị biến dạng, khi đó ống bị cắt không phải trực tiếp bằng lưỡi cắt của dao mà do áp lực của dao thông qua phần phế liệu đã được cắt.



Hình 2.15. Khuôn để cắt ống.



Hình 2.16. Hình dạng đỉnh chày cắt.

Ở giai đoạn kết thúc quá trình cắt lực cắt tăng lên, bề mặt cắt là do bị xé rách và xuất hiện ba vĩa (hình 2.15b).

Người ta còn sử dụng một loại khuôn để cắt ống trong đó 2 bước được thực hiện liên tiếp trên một khuôn.

- Bước 1: Cắt trước phần thành ống tại vùng cắt với độ sâu bằng hai lần chiều dày thành ống bởi một chày mỏng có răng cưa chuyển động vuông góc với đường sinh của ống.
- Bước 2: Cắt ống bởi chày có dạng giống như ở loại khuôn trên tại vùng đã được cắt trước (trình tự cắt như ở hình 2.15c).

Việc cắt trước vùng thành ống làm cho phế liệu kim loại không quay vào phía trong ống mà quay ra phía ngoài ống do đó chất lượng mặt cắt tốt hơn, tiết diện ngang của ống tại vùng cắt không bị méo và tuổi thọ của chày cắt cũng cao hơn.

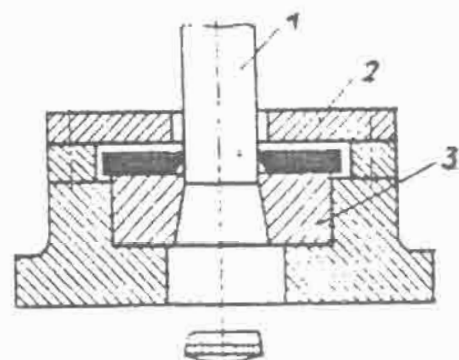
Để cắt các loại thép hình (thép góc, thép chữ U, thép tròn, thép vuông...) người ta có thể sử dụng khuôn hoặc máy cắt thép hình chuyên dùng, trong đó các bộ phận làm việc là các lưỡi cắt có lỗ. Hình dạng và kích thước các lỗ tương ứng với tiết diện ngang của phôi cắt. Một lưỡi cắt được cố định trên thân máy, còn lưỡi cắt kia cùng với đầu trượt có chuyển động song phẳng (quay-tĩnh tiến). Để giảm lực cắt và hạn chế sự thay đổi tiết diện ngang của phôi, thường các lưỡi cắt (các lỗ hình) được bố trí ở trong khuôn hoặc trong máy cắt thép hình sao cho góc giữa các cánh của phôi cắt với hướng chuyển động của dao bằng 45° (hình 2.15d). Góc này nhỏ sẽ làm tăng thành phần lực ngang khi cắt do đó sẽ làm méo cánh của phôi cắt.

2.2. CẮT HÌNH VÀ ĐỘT LỖ BẰNG KHUÔN

2.2.1. Ảnh hưởng của khe hở đến trị số và dấu của biến dạng đàn hồi

Cắt hình và đột lỗ là những nguyên công được sử dụng để tạo ra các chi tiết phẳng từ các phôi tấm, dải hoặc băng và cũng có thể để cắt phôi cho các nguyên công uốn, dập vuốt và tạo hình v.v...

Các chi tiết chủ yếu của khuôn cắt hình, đột lỗ là chày và cối với một trị số khe hở xác định Z (hình 2.17). Tấm hoặc dải phôi được đặt trên bề mặt cối 3, chày 1 chuyển động đi xuống cùng với nửa khuôn trên ép lên tấm. Khi đó cũng giống như quá trình cắt phôi trên máy cắt xảy ra sự dịch chuyển tương đối của kim loại trong cối dẫn đến sự phá huỷ kim loại nghĩa là thực hiện việc cắt hình hay đột lỗ. Phần kim loại được tách ra chui qua lỗ cối, phần kim loại này sẽ là chi tiết nếu là nguyên công cắt hình và là phế liệu nếu là nguyên công đột lỗ. Phần kim loại còn lại bám vào chày và sẽ được gỡ ra khỏi chày bởi tấm gỡ 2 khi đầu trượt đi lên.



Hình 2.17. Cắt các kim loại tấm bằng khuôn.

Khi cắt hình và đột lỗ ổ biến dạng dẻo bao trùm toàn bộ chiều dày phôi, ngay sát mép làm việc của chày và cối, giới hạn của nó được chỉ ra bởi đường đứt nét trên hình 2.18. Ứng suất pháp sinh ra khi cắt hình và đột lỗ phân bố trên ổ biến dạng không đồng đều, điều đó dẫn đến sự phân bố biến dạng không đều trong các lớp kim loại song song với mặt phẳng của phôi trên toàn bộ chiều dày. Trạng thái ứng suất và biến dạng khi cắt hình và đột lỗ đều là trạng thái khối.

Biến dạng cực đại ϵ_p theo hướng kính ở phần mép làm việc của chày và cối, còn biến dạng nhỏ nhất ở khoảng giữa của các mép làm việc này. Biểu đồ phân bố của biến dạng theo hướng kính ϵ_p dọc theo chiều dày của phôi được biểu diễn như hình 2.18.

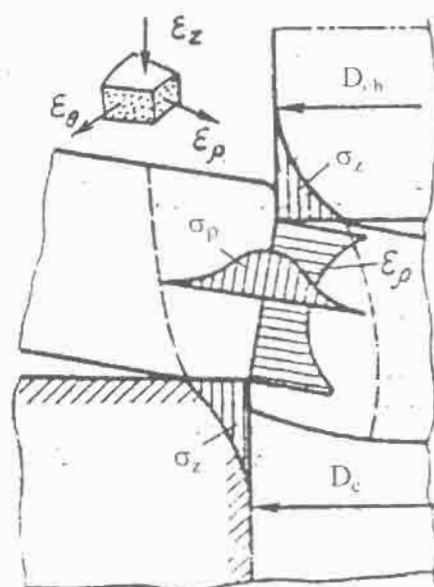
Sự phân bố không đồng đều của ứng suất và biến dạng là do tác động của mômen uốn, mà mômen uốn này phát sinh là do có khe hở giữa chày và cối khi cắt đột. Trị số của mômen uốn bằng tích số của hợp lực các lực thành phần (đặt tại bề mặt tiếp xúc giữa phôi với chày và cối) với cánh tay đòn lớn hơn khe hở Z một chút.

Với một mômen uốn xác định, phần kim loại được tách ra bị uốn nhẹ và có dạng lồi ở đáy. Sự uốn phôi làm cho mặt cắt bị xoay đi và gây ra sự lệch tâm của phần phôi so với đáy của chày. Điều đó dẫn đến sự phân bố không đều của ứng suất pháp σ_z trên bề mặt tiếp xúc (hình 2.18).

Sự phân bố không đều của ứng suất pháp σ_z gây ra sự phân bố không đều của ứng suất hướng kính σ_p trên chiều dày của phôi và trong các lớp kim loại song song với bề mặt của nó. Để giảm sự thay đổi hình dạng của phôi khi cắt hình, người ta tìm biện pháp làm giảm mômen uốn bằng cách giảm khe hở giữa chày và cối.

Biến dạng cực đại theo hướng kính được đặt ở phần mép làm việc của chày và cối vì thế tại đây phát sinh những vết nứt tế vi, sau đó các vết nứt phát triển nhanh vào sâu trong kim loại. Khi các vết nứt gặp nhau, quá trình phá hủy kim loại kết thúc. Sự gặp nhau của các vết nứt làm cho quá trình trượt nứt xảy ra giống như khi cắt tấm với trị số khe hở tối ưu $Z_{\text{tối ưu}}$ được xác định theo công thức 2.1 (hình 2.19a).

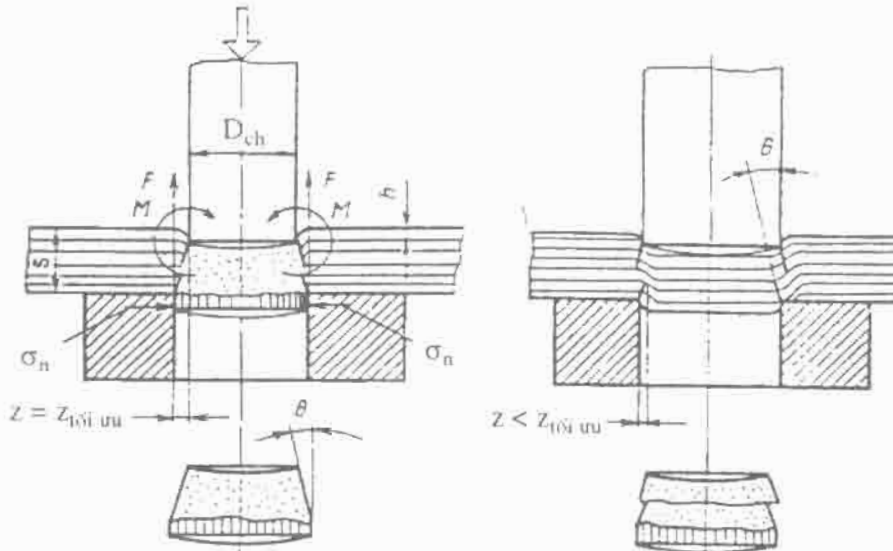
Khi trị số khe hở $Z = Z_{\text{tối ưu}}$ các vết nứt phát triển và gặp nhau tại lớp trung bình của tấm. Khi trị số khe hở Z tăng lên thì mômen uốn tăng lên làm tăng trị số ứng suất kéo ở



Hình 2.18. Phân bố biến dạng trong quá trình cắt đột.

vùng biến dạng, vì thế các vết nứt phát triển theo bề mặt tự do, cách xa các mép cắt của dụng cụ và tạo thành ba vĩa.

Khi trị số khe hở $Z < Z_{\text{tối ưu}}$ sự phát triển của các vết nứt không trùng nhau, khi đó tạo ra 2 hay một vĩa dài sáng được tách ra giữa các vùng bị đứt vỡ (hình 2.19b).



Hình 2.19. Sự phân bố các vết nứt phụ thuộc vào khe hở Z .

Trị số khe hở tối ưu khi cắt hình và đột lỗ tùy thuộc vào chiều dày của phôi và tính chất cơ học của nó. Trị số $Z_{\text{tối ưu}}$ được xác định theo bảng trên cơ sở tổng hợp các số liệu thực tế. Với chiều dày của phôi kim loại từ $(0,3 \div 20)$ mm trị số khe hở tối ưu thay đổi từ $(5 \div 12)\%$ so với chiều dày S (trị số nhỏ ứng với chiều dày nhỏ, trị số lớn ứng với chiều dày lớn).

Khi dập kim loại mỏng có chiều dày $S < 0,3$ mm, người ta sử dụng khuôn không có khe hở, khi đó đường bao của chày chưa tối nhận được bằng cách chuốt qua cối đã tối hoặc ngược lại.

Khi cắt hình và đột lỗ trên các máy hành trình nhanh (số hành trình lớn hơn 120 nhất/phút) do hiện tượng giãn nở nhiệt làm cho khe hở giữa chày và cối tăng lên từ $1,5 \div 2$ lần so với trị số khe hở thông thường.

Theo Mikhaileenco, nếu trị số khe hở tăng lên $(15 \div 20)\%$ so với trị số khe hở tối ưu thì độ bền của chày cối tăng lên nhưng chất lượng của bề mặt cắt của chi tiết xấu đi. Khe hở của chày và cối có ảnh hưởng đến dấu và trị số của biến dạng đàn hồi của chi tiết cắt hoặc lỗ đột. Khi trị số khe hở tăng sẽ làm tăng mômen uốn, do đó tăng ứng suất kéo dẫn đến làm tăng cả biến dạng kéo hướng kính.

Sau khi cắt đột, tại các vùng xung quanh của chi tiết cắt và phế liệu xuất hiện biến dạng nén đàn hồi ε_p , vì vậy đường kính của chi tiết nhỏ hơn so với đường kính của cối, còn đường kính của lỗ đột thì lớn hơn đường kính của chày. Khi đó chi tiết có thể rơi tự do qua lỗ cối và phế liệu dễ dàng gỡ ra khỏi chày.

Khi giảm khe hở (so với trị số khe hở tối ưu) thì mômen uốn giảm và do đó ứng suất kéo hướng kính giảm không đáng kể và hầu như không có sự ảnh hưởng đến biến dạng đàn hồi. Tuy nhiên khi đó xuất hiện các tensor ứng suất nén cầu nên sau khi cắt hình xuất hiện các biến dạng kéo đàn hồi làm tăng đường kính của chi tiết đã được cắt và làm giảm đường kính của lỗ đột. Khi đó chi tiết vẫn nằm trong cối và phế liệu vẫn bám chặt vào chày. Ngoài ra việc giảm khe hở sẽ làm tăng sự tập trung ứng suất pháp σ_z ở các mép làm việc của chày và cối, làm cho các mép sắc của chày và cối nhanh bị cùn, dẫn đến làm giảm độ cứng vững của khuôn và tuổi thọ của khuôn, đồng thời khi khe hở nhỏ các chi tiết được cắt ra có kích thước chính xác hơn, phẳng và không cần phải nắn lại.

2.2.2. Kích thước làm việc của chày và cối

Khi cắt hình, kích thước của sản phẩm tương ứng với kích thước phần làm việc của lỗ cối. Khi làm việc cối bị mài mòn làm cho kích thước phần làm việc của lỗ cối tăng lên (đối với các chi tiết có đường bao lồi) vì vậy kích thước của cối khi cắt hình cần phải là kích thước giới hạn nhỏ nhất của chi tiết, nghĩa là:

$$D_{cối} = (D_{đn} - \Delta)^{+\delta_c} \quad (2-17)$$

trong đó: $D_{đn}$ - đường kính danh nghĩa của chi tiết;

Δ - dung sai đường kính của sản phẩm;

δ_c - dung sai kích thước của cối.

Kích thước làm việc của chày khi cắt hình (trong trường hợp trên) sẽ nhỏ hơn kích thước của cối đúng bằng trị số khe hở Z , nghĩa là

$$\begin{aligned} D_{chày} &= (D_{cối} - Z) \\ \text{hay} \quad D_{chày} &= (D_{đn} - \Delta - Z)_{-\delta_{ch}} \end{aligned} \quad (2-18)$$

trong đó: δ_{ch} - dung sai kích thước của chày.

Khi đột lỗ, đường kính của lỗ nhận được tương ứng với đường kính của chày, khi bị mài mòn, kích thước của chày bị giảm đi vì thế đường kính của chày cần phải lấy bằng giá trị giới hạn lớn nhất của lỗ, nghĩa là:

$$d_{chày} = (d_{đn} + \Delta)_{-\delta_{ch}} \quad (2-19)$$

trong đó: $d_{đn}$ - kích thước danh nghĩa của lỗ;

Δ - dung sai của lỗ.

Khi đó kích thước của cối sẽ là:

$$d_{\text{cối}} = d_{\text{chày}} + Z$$

hay là

$$d_{\text{cối}} = (d_{\text{đn}} + \Delta + Z)^{+\delta_c} \quad (2-20)$$

Các công thức từ (2-17) đến (2-20) để xác định các kích thước làm việc của chày và cối khi cắt hình và đột lỗ các chi tiết bằng kim loại có chiều dày không lớn ($S < 2 \text{ mm}$) bởi vì khi đó bề mặt cắt có thể coi như vuông góc với bề mặt của tấm kim loại.

Khi các tấm kim loại có chiều dày lớn hơn ($S > 2 \text{ mm}$) cần chú ý đến độ côn của bề mặt cắt do sự trượt vỡ của các vết nứt theo một góc độ nhất định so với bề mặt của tấm tạo thành. Vì vậy để hạn chế khả năng kích thước của chi tiết vượt ra ngoài miền dung sai cho phép người ta giảm dung sai của chi tiết khi xác định kích thước làm việc của khuôn. Khi đó dung sai của chi tiết sẽ là $\Delta' = (0,6 \div 0,8)\Delta$, trong đó Δ là dung sai danh nghĩa của chi tiết.

Như vậy khi cắt đột các kim loại tấm dày người ta xác định kích thước làm việc của chày và cối theo công thức:

+ Khi cắt hình:

$$D_{\text{cối}} = [D_{\text{đn}} - (0,6 \div 0,8) \cdot \Delta]^{+\delta_c} \quad (2-21)$$

$$D_{\text{chày}} = [D_{\text{đn}} - (0,6 \div 0,8) \cdot \Delta - Z]_{-\delta_{\text{ch}}} \quad (2-22)$$

+ Khi đột lỗ:

$$d_{\text{chày}} = [d_{\text{đn}} + (0,6 \div 0,8) \Delta]_{-\delta_{\text{ch}}} \quad (2-23)$$

$$d_{\text{cối}} = [d_{\text{đn}} + (0,6 \div 0,8) \Delta + Z]^{+\delta_c} \quad (2-24)$$

Dung sai trên các kích thước làm việc của chày và cối δ_c , δ_{ch} thường được lấy bằng $(25 \div 35)\%$ dung sai trên các kích thước tương ứng của chi tiết dập. Dung sai trên các kích thước của dụng cụ (chày và cối) được xác định theo cấp chính xác. Khi chiều dày của kim loại dập $S < 3 \text{ mm}$ theo cấp chính xác 8, còn khi $S > 3 \text{ mm}$ theo cấp chính xác 10.

Ví dụ: Xác định kích thước làm việc của chày và cối khi cắt hình và đột lỗ.

Xác định kích thước của chày và cối để dập vòng đệm có đường kính ngoài $d_{\text{ng}} = 40_{-0,34}$ và đường kính trong $d_{\text{tr}} = 20_{+0,28}$ với điều kiện sản xuất hàng khối, vật liệu của vòng đệm là thép tấm CT2 có chiều dày $S = 2,5 \text{ mm}$.

Xác định dung sai trên các kích thước của chày và cối tùy thuộc vào kích thước danh nghĩa của vòng đệm và chiều dày của nó:

$$\delta_c^{40} = +0,027, \delta_c^{20} = +0,023$$

$$\delta_{\text{ch}}^{40} = -0,017, \delta_{\text{ch}}^{20} = -0,014$$

+ Theo bảng xác định trị số khe hở Z : khe hở nhỏ nhất giữa chày và cối: $Z_{\text{min}} = 0,21$ theo các công thức (2-21) + (2-24) ta xác định các kích thước của chày và cối như sau:

+ Để cắt đường bao ngoài $\phi 40$:

$$D_c = (40 - 0,7,0,34)^{+0,027} = 39,76^{+0,027}$$

$$D_{ch} = (39,76 - 0,21)^{-0,017} = 39,55^{-0,017}$$

+ Để đột lỗ $\phi 20$:

$$d_{ch} = (20 + 0,7,0,28)^{-0,014} = 20,20^{-0,014}$$

$$d_c = (20,2 + 0,21)^{+0,023} = 20,41^{+0,023}$$

Phương pháp xác định kích thước làm việc của chày và cối để cắt hình và đột lỗ hình dạng phức tạp (không tròn) về cơ bản cũng giống như đối với chi tiết tròn. Trong quá trình làm việc, các thành phần kích thước của chày và cối hình dạng phức tạp bị mài mòn không giống nhau: có thành phần kích thước tăng lên, có thành phần kích thước giảm đi nhưng có thành phần kích thước gần như là không đổi (do có cùng hướng mài mòn) như kích thước C (hình 2.20).

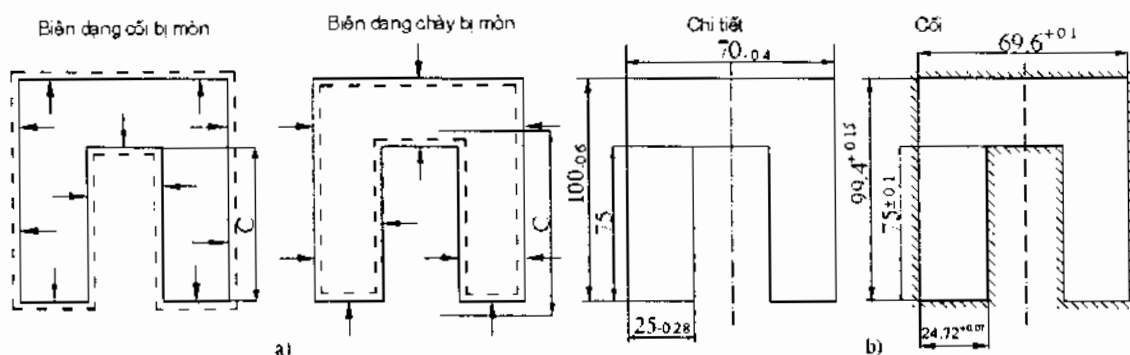
Trong trường hợp này, khi chế tạo chày cối độ chính xác hợp lý và kinh tế nhất là lấy dung sai của chày cối bằng 1/4 dung sai của chi tiết.

$$\delta_{c,ch} = 0,25 \cdot \Delta$$

trong đó: $\delta_{c,ch}$ - dung sai kích thước cối, chày;

Δ - dung sai của chi tiết.

Khi cắt hình các chi tiết có hình dạng phức tạp, người ta chỉ thiết kế bản vẽ cối với những kích thước làm việc và dung sai tương ứng liên quan đến kích thước của chi tiết. Còn khi đột lỗ người ta chỉ thiết kế bản vẽ chế tạo chày. Chày khi cắt hình và cối khi đột lỗ được chế tạo theo phương pháp phối hợp với cối và chày để có trị số khe hở Z_{min} cố định.



Hình 2.20. Hướng mài mòn của chày cối khi cắt hình (a) và kích thước của chi tiết với những kích thước tương ứng của cối (b).

2.2.3. Lực cắt và công biến dạng

Trong quá trình cắt hình và đột lỗ cần xác định lực cắt, đột, lực đẩy sản phẩm (phế liệu) qua lỗ cối và lực gỡ phế liệu (chỉ tiết) ra khỏi chày, công biến dạng.

2.2.3.1. Lực cắt hình và đột lỗ

Lực cắt hình và đột lỗ (lực biến dạng) phụ thuộc vào trở lực cắt σ_c của vật liệu phôi, chiều dày vật liệu S , độ dài của chu vi cắt L , hình dạng và trạng thái mép làm việc của chày và cối, khe hở Z , tốc độ biến dạng và độ lún sâu của chày vào kim loại tại thời điểm xuất hiện vết nứt.

Có thể xác định một cách gần đúng lực cắt hình và đột lỗ bằng tích số giữa diện tích cắt F với trở lực cắt σ_c có tính đến các yếu tố ảnh hưởng bởi hệ số $k = 1,1 \div 1,3$.

$$P = F \cdot \sigma_c \cdot k = L \cdot S \cdot \sigma_c \cdot k \quad (2-25)$$

trong đó:

L - chu vi cắt (mm);

S - chiều dày vật liệu (mm);

σ_c - trở lực cắt của vật liệu (kg/mm^2).

Từ công thức (2-25) chúng ta thấy rằng lực cắt đột sẽ cực đại ngay tại thời điểm bắt đầu cắt đột khi mà diện tích F cực đại. Nhưng trong thực tế lực biến dạng thay đổi từ 0 đến giá trị cực đại sau đó giảm dần đến khi xuất hiện các vết nứt.

Nếu giả thiết rằng trên bề mặt cắt xảy ra biến dạng trượt thuần túy, còn biến dạng tương đối hướng kính ϵ_p phân bố đều trên chiều dày của phôi và hướng của các trục chính trong quá trình biến dạng vẫn không thay đổi thì công thức để xác định lực cắt hình và đột lỗ (trước khi xuất hiện các vết nứt) sẽ có dạng:

$$P_x = L \cdot (S - x) \cdot \tau_s$$

trong đó:

x - độ lún sâu của chày vào kim loại;

$\tau_s = 0,58 \cdot \sigma_s$ là ứng suất tiếp lớn nhất.

Khi cắt hình và đột lỗ ở trạng thái nguội, ứng suất chảy sẽ tăng lên khi mức độ biến dạng tăng, tức là quá trình hóa bền biến dạng kim loại. Nếu coi sự thay đổi của σ_s theo một hàm số mũ (do Gupkin đưa ra):

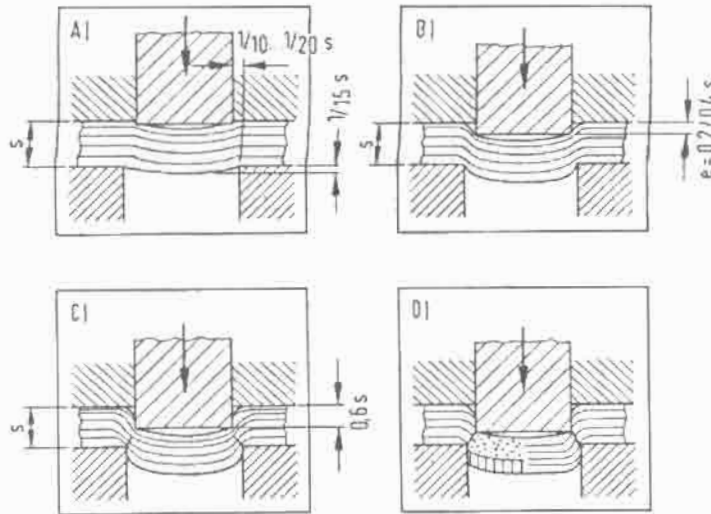
$$\sigma_s = \frac{\sigma_b}{1 - \Psi_p} \left(\frac{\Psi}{\Psi_p} \right)^{\frac{\Psi_p}{1 - \Psi_p}} \quad (2-26)$$

trong đó, Ψ là mức độ biến dạng tương ứng với mức độ hoá bền là tỷ số của sự thay đổi diện tích cắt:

$$\Psi = \frac{F_0 - F_x}{F_0} = \frac{S.L - (S-x).L}{S.L} = \frac{x}{S}$$

thì khi đó công thức để xác định lực cắt đột có tính đến hoá bền sẽ là:

$$P_x = L(S-x) \frac{0,58 \cdot \sigma_b}{1 - \Psi_p} \left(\frac{x}{S \cdot \Psi_p} \right)^{\frac{\Psi_p}{1 - \Psi_p}} \quad (2-27)$$



Hình 2.2I. Mức độ lún sâu của chày.

Phân tích công thức (2-27) chúng ta thấy rằng: sẽ tồn tại một giá trị P cực trị. Khảo sát tại điểm cực trị chúng ta có thể xác định được lực cực đại khi

$$x = S \cdot \Psi_p$$

Thay vào (2-27) chúng ta có:

$$P_{\max} = 0,58 \cdot \sigma_b \cdot L \cdot S$$

Hoặc với thép tấm cacbon thấp $\sigma_c = 0,7 \cdot \sigma_b$ ta có:

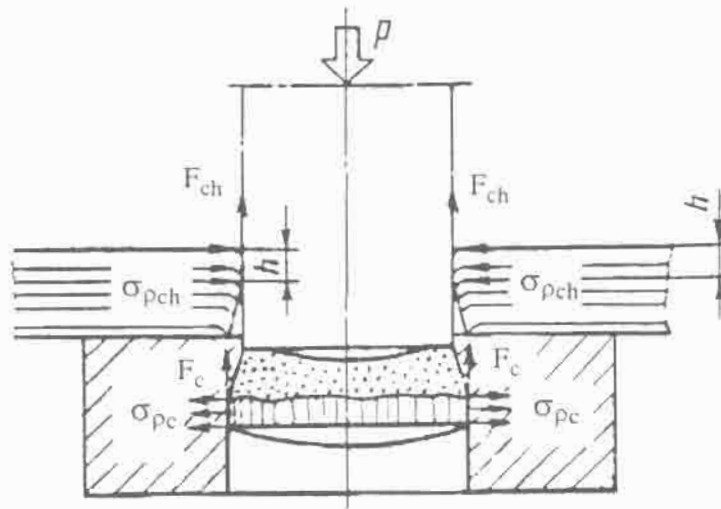
$$P_{\max} = 0,83 \cdot \sigma_c \cdot L \cdot S \quad (2-28)$$

Công thức (2-28) do Pôpob tìm ra, có thể xác định giá trị gần đúng lực cắt cực đại P_{\max} (vì đã chấp nhận một số giả thiết). Tuy nhiên nó cũng đã phản ánh được tính chất vật lý của quá trình và chỉ ra rằng lực cắt đột cực đại khi chày đã lún sâu vào phôi một trị số xác định mà không phải thời điểm ngay khi bắt đầu biến dạng, lúc mà chiều dày của nó là lớn nhất.

2.2.3.2. Lực đẩy-gỡ sản phẩm và phế liệu

Khi cắt hình với khe hở nhỏ chi tiết (hoặc phôi) vẫn nằm trong cối còn phế liệu vẫn bám chặt vào chày. Do biến dạng dần hồi sinh ra các ứng suất tiếp xúc σ_{pc} và σ_{pch} , những

ứng suất này gây ra ứng suất ma sát phát sinh khi đẩy sản phẩm ra khỏi cối và gỡ phế liệu ra khỏi chày (hình 2.22).



Hình 2.22. Sơ đồ tác dụng của lực ma sát.

Như vậy ở hành trình làm việc chày không những cần phải thắng lực cắt đột P_c mà còn phải thắng cả lực ma sát $F_{cối}$ do sự dịch chuyển tương đối của chi tiết (phôi) trong cối và lực ma sát F_{ch} trên bề mặt tiếp xúc của chày và phế liệu. Khi đó lực của máy ép sẽ là: $P = P_c + F_{cối} + F_{chày}$.

Ở hành trình ngược lại (dầu trượt đi lên) chày chỉ cần thắng trở lực ma sát gỡ phế liệu ra khỏi chày F_{ch} . Như vậy ở hành trình làm việc tổng của $(F_{cối} + F_{chày})$ được gọi là lực đẩy: $P_{đẩy} = F_{cối} + F_{chày}$ còn khi dầu trượt đi lên lực gỡ $P_{gỡ} = F_{chày}$.

Việc xác định được lực đẩy và gỡ cho phép tính toán chính xác được năng lượng của quá trình cắt đột và có được những số liệu cần thiết để tính toán về độ bền và độ cứng của các chi tiết khuôn (cơ cấu gỡ và lò xo, áo chày và các chi tiết kẹp v.v...).

Nếu coi phế liệu chỉ tiếp xúc với chày với chiều cao h (hình 2.22) thì công thức xác định lực gỡ sẽ là:

$$P_{gỡ} = \mu \cdot L \cdot h \cdot \sigma_{\rho ch}$$

Giả sử $h = 0,3S$; $\mu = 0,2$ và $\sigma_{\rho ch} \approx \sigma_c$

Ta có :

$$P_{gỡ} = 0,06 \cdot L \cdot S \cdot \sigma_c = 0,06 \cdot P_c$$

Như vậy lực gỡ bằng 6% so với lực cắt đột công nghệ.

Nếu lực ma sát đặt trên bề mặt tiếp xúc của chày và phế liệu bằng lực ma sát đặt trên bề mặt tiếp xúc của chi tiết cắt và cối ($F_{ch} = F_{cối}$) thì lực đẩy sẽ gấp đôi lực gỡ:

$$P_{đẩy} = 2 \cdot P_{gỡ}$$

Tuy nhiên do có sự uốn nhẹ của phần kim loại đã được cắt nên ứng suất pháp σ_{pc} tác dụng lên bề mặt tiếp xúc giữa chi tiết cắt và cối thực tế giảm đi, vì vậy mà lực đẩy lớn hơn lực gỡ không nhiều và có thể coi: $P_{đẩy} \approx P_{gỡ}$.

Ngoài những yếu tố trên, lực đẩy, gỡ còn phụ thuộc vào: chiều rộng mạch nối giữa các đường bao cắt (mạch nối càng lớn, lực đẩy, gỡ càng lớn), hình dạng và kích thước chi tiết, khe hở giữa chày và cối, khả năng dịch chuyển của phế liệu đối với chày... Việc xác định chính xác những ảnh hưởng của các yếu tố này đến lực đẩy, gỡ là rất khó khăn. Vì vậy người ta thường sử dụng công thức kinh nghiệm để xác định lực đẩy, gỡ:

$$P_{đẩy} = K_{đẩy} \cdot P_c \cdot n = K_{đẩy} \cdot P_c \cdot h/S \quad (2-29)$$

$$P_{gỡ} = K_{gỡ} \cdot P_c \quad (2-30)$$

trong đó:

P_c - lực cắt, đột;

n - số chi tiết nằm trong cối, $n = h/S$;

h - chiều cao phần làm việc của cối;

S - chiều dày vật liệu.

Tuỳ theo chiều dày vật liệu, số chi tiết được cắt đột đồng thời và kiểu khuôn (khuôn đơn giản hay khuôn liên hợp) các hệ số:

$$K_{gỡ} = 0,02 \div 0,2$$

$$K_{đẩy} = 0,05 \div 0,14.$$

Chiều dày của vật liệu càng lớn thì hệ số $K_{đẩy}$, $K_{gỡ}$ càng lớn.

2.2.3.3. Công biến dạng

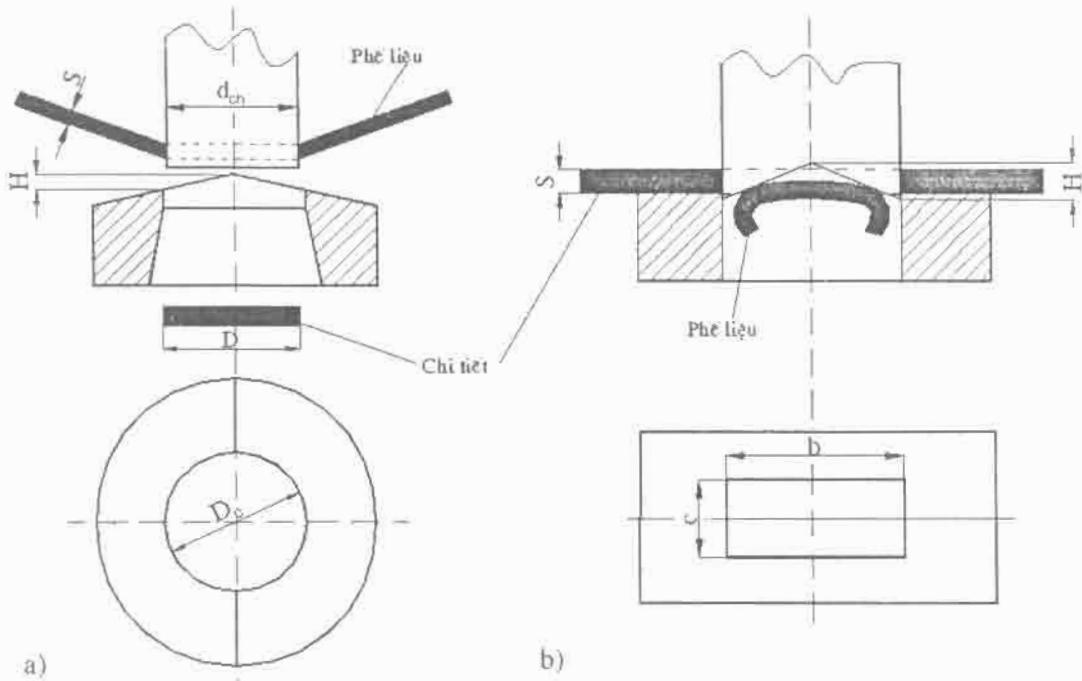
Lực biến dạng khi cắt hình và đột lỗ thay đổi theo hành trình của chày (hình 2.7). Vì vậy công biến dạng khi cắt hình và đột lỗ được xác định theo công thức (2-6) trong đó lực cắt tính theo công thức (2-25) nếu chày, cối có mép cắt phẳng và theo công thức (2-31), (2-34) nếu chày, cối có mép cắt nghiêng.

Khi xác định công biến dạng để cắt hình, đột lỗ theo công thức (2-6b) thì giá trị của hệ số λ tuỳ thuộc vào chiều dày, loại vật liệu và độ cứng của nó: $\lambda = 0,15 \div 0,75$. Nếu vật liệu càng dày và độ cứng càng lớn thì hệ số λ càng nhỏ.

2.2.4. Các phương pháp giảm lực biến dạng

Để giảm lực biến dạng khi cắt, đột người ta sử dụng nhiều phương pháp khác nhau như: cắt từng phần theo đường bao cắt; đột bằng các chày có chiều dài khác nhau; cắt đột bằng chày và cối có mép cắt nghiêng. Khi cắt đột bằng chày cối có mép cắt nghiêng, quá trình cắt không xảy ra đồng thời trên toàn bộ đường bao của chi tiết mà xảy ra tuần tự giống như khi cắt trên máy cắt dao nghiêng. Do đó lực cắt đột có thể giảm đi (30 ÷ 40)%. Để tạo

điều kiện thuận lợi cho quá trình cắt đột khi đó hình chiếu của tổng hợp lực các lực đặt trên mép làm việc được vát nghiêng của dụng cụ lên phương ngang cần phải cân bằng (triệt tiêu nhau) nghĩa là các mép vát cần phải làm đối xứng qua trục đối xứng của dụng cụ.



Hình 2.23. Chày cối có mép cắt nghiêng.

Điều đó cho phép góc nghiêng của mép vát chày, cối có thể lấy lớn hơn so với góc nghiêng của lưỡi dao trên máy cắt dao nghiêng (vì lưỡi dao chỉ nghiêng theo một phía). Tùy theo đặc điểm của nguyên công (cắt hình hay đột lỗ) mà mép vát nghiêng được thực hiện ở trên cối hay trên chày (hình 2.23). Khi sử dụng các mép vát nghiêng sẽ gây ra quá trình uốn phần kim loại tiếp xúc với dụng cụ có mép vát nghiêng. Do vậy khi cắt hình mép vát cần được làm trên cối, còn khi đột lỗ mép vát làm trên chày. Khi đó chi tiết cắt, đột sẽ phẳng còn phế liệu sẽ bị uốn cong.

Khi nghiên cứu các quá trình cắt đột bằng các dụng cụ có mép cắt nghiêng người ta đã đưa ra các công thức để xác định lực cắt đột với những dạng khác nhau của mép vát nghiêng. Chẳng hạn khi cắt phôi đường kính D với cối được vát nghiêng hai phía (hình 2.23a) thì công thức để xác định lực cắt đột sẽ là:

+ khi $H = S$:

$$P_1 = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot D \cdot S \cdot \sigma_c \quad (2-31)$$

+ khi $H = (0,5 \div 1)S$ thì:

$$P_1 = 2.D.S. \sigma_c \cdot \arccos\left(\frac{H - 0,5S}{H}\right) \quad (2-32)$$

Khi đột lỗ các hình chữ nhật có kích thước b,c bằng chày có vát nghiêng hai phía (hình 2.23b) công thức có dạng:

+ khi $H = S$:

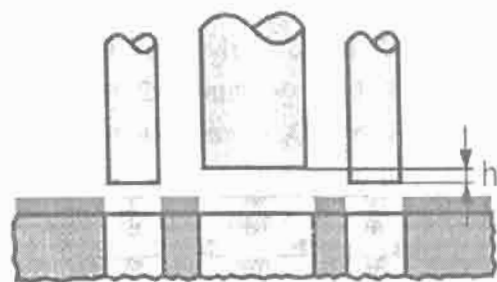
$$P_1 = 2.S.\sigma_c.(b + 0,5c) \quad (2-33)$$

+ khi $H > S$:

$$P_1 = 2.s.\sigma_c.(b + c.0,5.S/H) \quad (2-34)$$

Khi cắt đột các chi tiết (phôi) có đường kính lớn $D > 250 \div 300$ mm từ vật liệu dày ($S/D > 0,1$) thì phải tính đến vát nghiêng mép làm việc của cối. Số lượng mép vát (dưới dạng sóng chu kỳ) tùy thuộc vào kích thước của cối, có thể là > 4 . Chiều cao tương đối của mép vát $H/S = 1 \div 3$, nếu vật liệu càng dày chiều cao tương đối của mép vát càng nhỏ.

Trong trường hợp cắt đột nhiều chày hoặc trong các khuôn cắt đột liên hợp (phối hợp hoặc liên tục) độ dài của các chày cắt đột có thể không giống nhau (hình 2.24). Khi đó lực cắt đột sẽ không tác dụng đồng thời và lực công nghệ sẽ không phải là lực tổng hợp của tất cả các lực thành phần. Cần chú ý là bố trí các chày sao cho trung tâm áp lực trùng với tâm khuôn (trục đối xứng).



Hình 2.24. Khuôn có chiều cao chày khác nhau để giảm lực cắt.

2.2.5. Đặc điểm của quá trình cắt đột vật liệu phi kim loại

Sự khác nhau chủ yếu giữa các tấm kim loại và các tấm vật liệu phi kim loại dạng thớ sợi là chúng bao gồm các lớp chất độn (dạng giấy, vải v.v...) được ép giữa các lớp nhựa phenol fomanđehit. Hêtinac là một loại vật liệu phi kim loại, mặc dù đã được ép với áp lực $(110 \div 160)$ MPa ở nhiệt độ $(150 \div 160)^{\circ}\text{C}$ nhưng cấu trúc của nó vẫn không đồng nhất và vẫn có những vết nứt tế vi. Khi tác dụng ngoại lực lên phôi, những vết nứt tế vi này trở thành những ổ tập trung ứng suất tại vùng biến dạng. Đối với những chi tiết được chế tạo từ những loại vật liệu này sẽ nguy hiểm và sẽ trở thành những vết nứt trong quá trình dập.

Vì vậy đối với các tấm vật liệu phi kim loại dạng thớ, sợi đặc biệt là hêtinac, người ta phải tiến hành dập với một số điều kiện bắt buộc: ví dụ như tốc độ biến dạng phải nhỏ (số hành trình máy ép ≤ 50 hành trình/ phút), phải nén phôi trước ở trong khuôn giữa cối và tấm chặn với lực chặn Q:

$$Q = L.S.q$$

trong đó:

L - chu vi đường bao cần cắt;

S - chiều dày vật liệu;

q - áp lực riêng:

+ nếu $S \leq 1 \rightarrow q = (6 \div 10) \text{ MPa}$

+ nếu $S = (2 \div 3) \rightarrow q = (15 \div 20) \text{ MPa}$.

Phải tiến hành đột lỗ có kích thước nhỏ hơn kích thước danh nghĩa trước, sau đó mới tiến hành đột lại lỗ đó cho đúng kích thước yêu cầu.

Phải nung nóng các tấm có $S \geq 1,5 \div 2 \text{ mm}$ đến nhiệt độ từ $(90 \div 120)^\circ\text{C}$ để nâng cao chất lượng bề mặt cắt và giảm trở lực trượt. Việc nung nóng có thể thực hiện trong các lò điện, các buồng ổn định nhiệt, các đèn hồng ngoại, giữa các tấm được nung nóng hoặc trong nước sôi v.v...

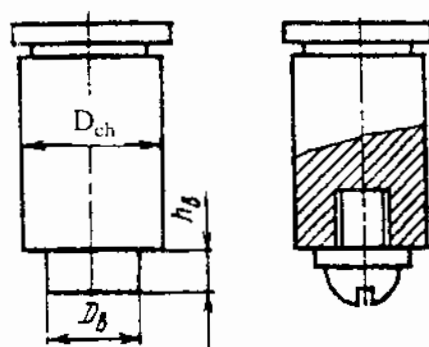
Việc đột sơ bộ (đột trước) các lỗ có kích thước nhỏ hơn kích thước danh nghĩa thường được thực hiện bởi các chày bậc (hình 2.25). Đường kính bậc đầu tiên của chày D_b thường được lấy trong khoảng $(0,7 \div 0,8)D_d$ (đường kính danh nghĩa của lỗ) Chiều dài của bậc: $h_b = (0,8 \div 0,9)S$ (chiều dày của tấm).

Bậc đầu tiên của chày để đột sơ bộ lỗ có đường kính D_b , khi đó do sự nứt vỡ, nên bề mặt cắt không phẳng nhẵn. Bậc thứ 2 của chày tiếp tục cắt tinh làm sạch bề mặt cắt và đồng thời làm giảm ứng suất tập trung phát sinh khi xuất hiện các vết nứt vỡ ở giai đoạn bắt đầu của quá trình đột.

Việc sử dụng chày bậc (bậc ban đầu được gọi là phần lỗi phá huỷ sơ bộ) cho phép nhận được chất lượng mép lỗ là tốt nhất, nó được sử dụng nhiều khi đột các lỗ trong các tấm vật liệu phi kim loại có tính giòn, dễ vỡ.

Khi dập các tấm hêtinac và tectolit, khe hở giữa chày và cối thường được lấy nhỏ hơn so với khi dập kim loại (thường lấy bằng $(1,5 \div 4)\%$ so với chiều dày vật liệu) còn trị số mạch nối giữa đường bao của các chi tiết cắt thường lấy lớn hơn 50% so với khi cắt đột thép cacbon thấp.

Để cắt đột các chi tiết từ các tấm vật liệu phi kim loại mềm như: cao su, cacton, giấy, da, amiăng v.v... người ta thường sử dụng khuôn có dạng lưỡi dao, khi đó mép làm việc của chày hoặc cối được vát nghiêng như những lưỡi dao và không có mép cắt đối tiếp.



Hình 2.25. Kết cấu của chày để đột vật liệu phi kim loại.

Góc nghiêng α của lưỡi dao khi cắt giấy, da khoảng từ $(16 + 20)^\circ$ còn khi cắt hêtinac, têtolit, êbôlit (ở trạng thái nóng) $\alpha = 45^\circ$, chày cối khi đó sẽ bằng thép và có kết cấu thông thường.

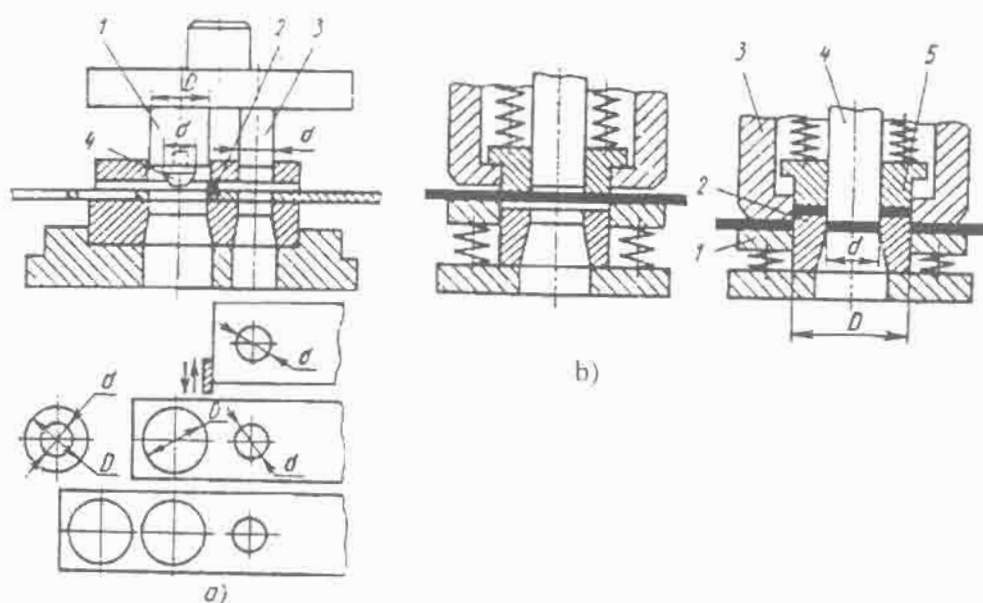
2.2.6. Dập liên tục và phối hợp (Dập liên hợp)

Để nâng cao năng suất, giảm số nguyên công, nâng cao độ chính xác chi tiết, giảm số lượng thiết bị và nhân công, do đó hạ giá thành sản phẩm, người ta thường kết hợp hai hay nhiều nguyên công trên cùng một bộ khuôn. Quá trình kết hợp như vậy gọi là quá trình dập liên hợp. Có 3 dạng dập liên hợp tùy theo cách bố trí và thực hiện các bước dập.

+ Dập phối hợp là việc thực hiện hai hay nhiều nguyên công trên cùng một khuôn sau một hành trình của máy với một lần đặt phối (hình 2.26b).

+ Dập liên tục là dạng kết hợp hai hay nhiều nguyên công trên cùng một khuôn trong đó các nguyên công được thực hiện một cách tuần tự liên tục với sự dịch chuyển phối liên tục theo bước của chày sau một số hành trình của máy (hình 2.26a).

+ Dập phối hợp - liên tục (dập liên hợp) là sự kết hợp cả hai phương pháp trên.



Hình 2.26. Các dạng dập liên hợp.

Việc kết hợp giữa các nguyên công rất đa dạng và phức tạp: có thể là các nguyên công cắt với các nguyên công tạo hình, giữa các nguyên công cắt đột, giữa các nguyên công cắt đột và uốn v.v... việc kết hợp giữa các nguyên công phụ thuộc vào hình dạng và kích thước chi tiết dập, mức độ biến dạng cho phép của nguyên công v.v...

Khi dập phối hợp sau một hành trình làm việc của máy ta nhận được chi tiết (phôi) hoàn chỉnh, các bước dập (nguyên công) có thể được thực hiện trong cùng một thời điểm hoặc trước sau theo trình tự nhưng ở cùng một vị trí của khuôn (không có sự dịch chuyển phôi giữa các bước). Do vậy khi dập phối hợp, độ chính xác về vị trí tương đối của chi tiết cao hơn so với dập liên tục do kết cấu của khuôn phối hợp loại trừ được khả năng dịch chuyển của đường bao ngoài đối với đường bao trong của chi tiết dập. Kết cấu của khuôn phối hợp phức tạp nhưng nhỏ gọn hơn so với khuôn liên tục.

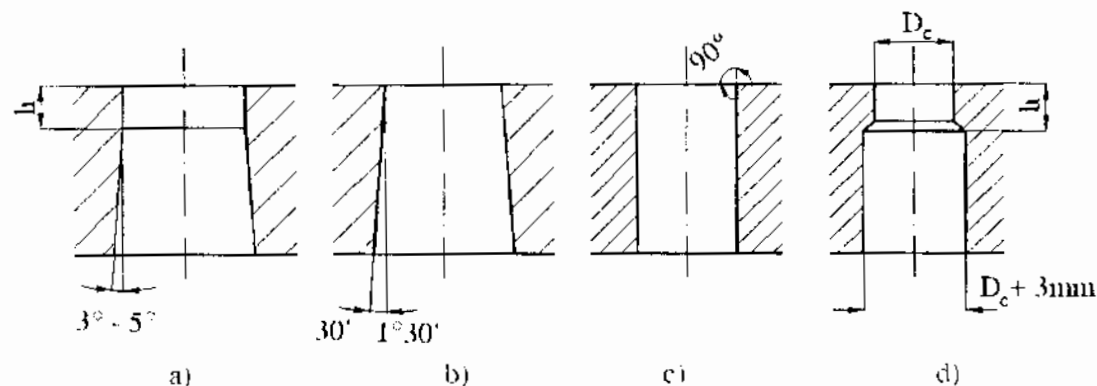
Khi dập liên tục, các bước dập được thực hiện riêng lẻ bởi các cặp chày cối được bố trí tuần tự từ vị trí này đến vị trí khác (trong cùng một khuôn). Do vậy phải có sự dịch chuyển phôi từ vị trí của bước dập này đến vị trí của bước dập khác và sau một số hành trình làm việc của máy ép chúng ta mới thu được một sản phẩm (phôi) hoàn chỉnh.

Dập phối hợp thường được áp dụng để chế tạo các chi tiết có dung sai độ lệch tâm nhỏ và có yêu cầu cao về độ phẳng nhưng việc chế tạo khuôn phức tạp hơn, khối lượng lao động lớn hơn so với khi chế tạo khuôn liên tục (đối với cùng một chi tiết).

2.2.7. Hình dạng kết cấu của cối và chày

2.2.7.1. Hình dạng kết cấu của cối

Kết cấu lỗ làm việc của cối để cắt hình và đột lỗ tùy thuộc vào chiều dày của vật liệu chi tiết dập (hoặc phôi), tùy thuộc vào hình dạng kích thước, yêu cầu độ chính xác, dạng sản xuất và nhiều yếu tố khác. Các dạng khác nhau của lỗ làm việc của cối được nêu ra trên hình 2.27.



Hình 2.27. Các dạng kết cấu của lỗ cối.

Cối có kết cấu như hình 2.27a có một phần làm việc hình lăng trụ được sử dụng để dập các chi hình dạng phức tạp hoặc yêu cầu độ chính xác cao. Chiều cao phần làm việc $h = (3 \div 15)$ mm tùy thuộc vào chiều dày của phôi tương ứng từ $0,5 \div 10$ mm. Góc côn của lỗ thoát cối $\alpha = (3 \div 5)^\circ$ để đảm bảo ổn định kích thước của chi tiết dập sau khi đẩy qua lỗ cối, tuy nhiên tuổi thọ của cối không cao.

Cối có kết cấu như hình 2.27b dùng để cắt đột các chi tiết nhỏ và trung bình, hình dạng đơn giản và độ chính xác không cao. Cối có lỗ hình côn trên toàn bộ chiều cao của cối với góc côn $\alpha = 30' \div 1^0 30'$. Loại kết cấu này khi mài lại cối (để lấy mép sắc) sẽ làm cho kích thước của lỗ cối tăng lên (nếu mài đi 3 mm thì kích thước của lỗ cối tăng lên 0,1 mm), góc côn của phần làm việc có thể từ $15' \div 1^0$, tuổi thọ của cối cao hơn so với loại trên (hình 2.27a).

Cối có kết cấu hình 2.27d có phần làm việc là hình trụ và lỗ thoát được mở rộng, được sử dụng để cắt đột các lỗ có đường kính $D \leq 40$ mm chiều cao phần làm việc $h \geq 3$ mm. Nếu chiều dày vật liệu dập càng tăng thì chiều cao h cũng tăng lên. Đường kính phần lỗ thoát có thể lớn hơn đường kính phần làm việc đến 3mm, kết cấu lỗ làm việc của cối như ở hình (2-27a) và (2-27d) có thể làm nghiêng (hoặc côn) với góc côn nhỏ Δ tùy thuộc vào chiều dày vật liệu và chiều cao h .

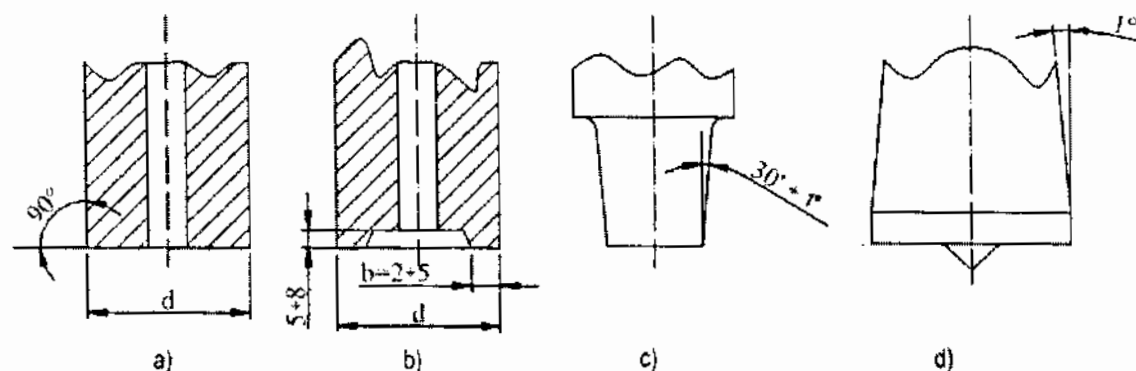
Khi $S \leq 0,5$ thì $h = (3 \div 5)$ mm và $\Delta = 10'$.

Khi $S = 0,5 \div 5$ mm thì $h = 5 \div 10$ mm và $\Delta = 20'$.

Khi $S = 5 \div 10$ mm thì $h = 10 \div 15$ mm và $\Delta = 30'$.

2.2.7.2. Hình dạng kết cấu của chày

Kết cấu phần làm việc của chày cũng có những dạng khác nhau tùy thuộc vào hình dạng và kích thước chi tiết (hoặc lỗ đột), tùy thuộc vào chiều dày vật liệu dập, dạng sản xuất (hàng loạt hay đơn chiếc), yêu cầu về độ chính xác của chi tiết (hoặc lỗ) người ta thường sử dụng một số dạng kết cấu phần làm việc của chày như sau:



Hình 2.28. Kết cấu phần làm việc của chày.

Chày có kết cấu phần làm việc như hình 2.28a là dạng đơn giản nhất và được dùng phổ biến hơn cả. Khi đường kính chày $d \geq 50$ mm người ta có thể khoét lõm phần mặt đầu của chày để dễ dàng mài lại (hình 2.28b).

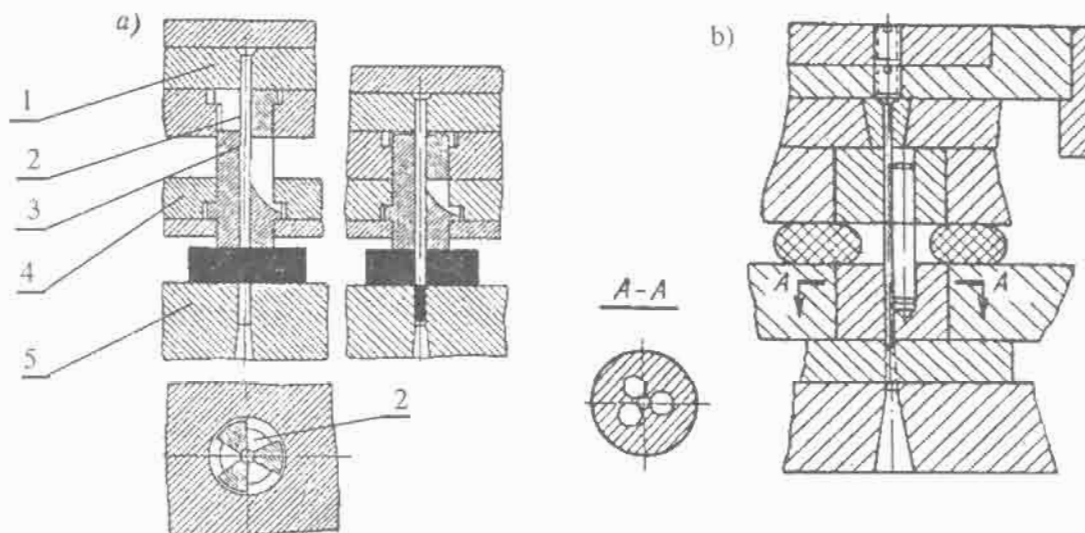
Chiều rộng $b = 2+5 \text{ mm}$ cần phải lớn hơn chiều rộng của ổ biến dạng xuất hiện trong quá trình cắt đột.

Để tránh bị nứt do ứng suất nhiệt trong quá trình nhiệt luyện người ta thường làm chày có lỗ rỗng ở giữa nhất là các chày có đường kính lớn.

Khi đột các lỗ trên các tấm dày ($S \geq 8 \text{ mm}$) cần phải chú ý giảm lực tháo gỡ sản phẩm, khi đó chày được làm côn (nghiêng) với góc côn nhỏ $\Delta = 30' \div 1''$ (hình 2.28c) và khi cần giảm lực đẩy sản phẩm (hoặc phế liệu) qua lỗ cối hoặc khi đột các lỗ theo các dấu đã khoan sẵn (ví dụ như trong sản xuất loạt nhỏ) người ta thường làm chày có góc côn ngược với góc côn $\Delta = 1''$ và có phần chóp nón ở mặt đầu của chày (hình 2.28d).

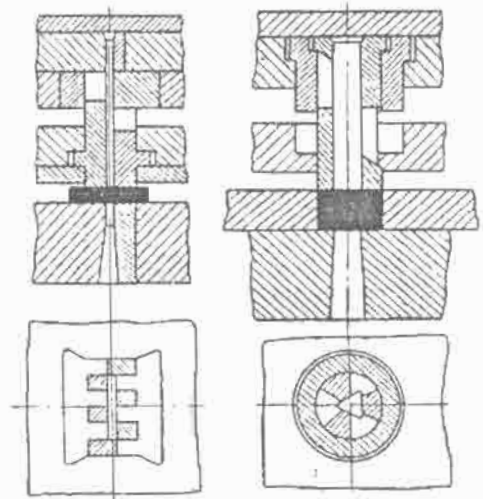
Khi đột lỗ nhỏ trên các phôi dày thường xuất hiện những ứng suất nền lớn, có thể vượt quá giới hạn cho phép gây ra mất ổn định chày và có thể dẫn đến bị phá hủy. Vậy điều cốt lõi khi nghiên cứu kết cấu của khuôn để đột các lỗ tương đối nhỏ là đảm bảo độ ổn định của chày. Để đạt được yêu cầu này cần phải dẫn hướng cho chày trên toàn bộ chiều dài dưới dạng ống lồng (hoặc là một bộ chốt hoặc là ống đệm). Tùy theo điều kiện dập, tuổi thọ của chày (trước khi mài lại) có thể đạt $50.000 \div 100.000$ nhát, nếu chày được chế tạo bằng thép cacbon dụng cụ, nếu chày được chế tạo bằng hợp kim cứng thì có thể đạt 1.000.000 nhát và lớn hơn.

Kết cấu của khuôn để đột các lỗ nhỏ ($d \leq S/3$) và bộ phận dẫn hướng chày được biểu diễn trên hình 2-29.



Hình 2.29. Khuôn có dẫn hướng liên hợp để đột các lỗ nhỏ (a) và bộ phận dẫn hướng chày (b).

Điểm đặc biệt của khuôn này là toàn bộ chiều dài của chày được nằm trong bạc dẫn hướng và bạc này tạo ra lực chặn xung quanh mép của lỗ đột nhờ các lò xo nén, việc giữ ổn định phần phía trên của chày nhờ 3 miếng đệm 2 còn phần phía dưới của chày được dẫn hướng nhờ lỗ của bạc xẻ rãnh số 3, bạc này được kẹp cứng trong tấm dẫn hướng đồng thời là tấm đỡ 4 và được ép lên phía trên khi làm việc với kết cấu này, việc dẫn hướng chày trong suốt thời gian làm việc sẽ sinh ra trạng thái ứng suất khối (nén 3 chiều), do đó làm tăng độ bền của chày đột một cách đáng kể. Để có thể dẫn hướng được tốt hơn và thuận lợi hơn khi mài cồi, trụ dẫn hướng của khuôn được kẹp lên đế khuôn trên. Hình dạng của lỗ đột (tiết diện ngang của chày) không chỉ có thể là tròn mà có thể là vuông hoặc tam giác v.v... (hình 2.30).



Hình 2.30. Khuôn có dẫn hướng liên hợp để đột các lỗ nhỏ, tiết diện chữ nhật và tam giác.

2.3. CẮT HÌNH VÀ ĐỘT LỖ CHÍNH XÁC, GỌT TRONG KHUÔN

2.3.1. Cắt hình và đột lỗ chính xác

Trong công nghiệp chế tạo máy, cũng như trong công nghiệp chế tạo các dụng cụ đo, đồng hồ... thường yêu cầu phải nâng cao chất lượng bề mặt cắt và độ chính xác cao về hình dạng và kích thước chi tiết cắt đột, nhất là đối với các chi tiết phẳng. Yêu cầu độ chính xác kích thước tương ứng cấp 8 + 11, còn độ bóng bề mặt bên (mặt cắt) trên toàn bộ chiều dày tương ứng với $R_a = 2,5 \div 1,25 \mu\text{m}$ đối với thép và $R_a = 1,25 \div 0,63 \mu\text{m}$ đối với kim loại màu (theo ГОСТ 2789-73).

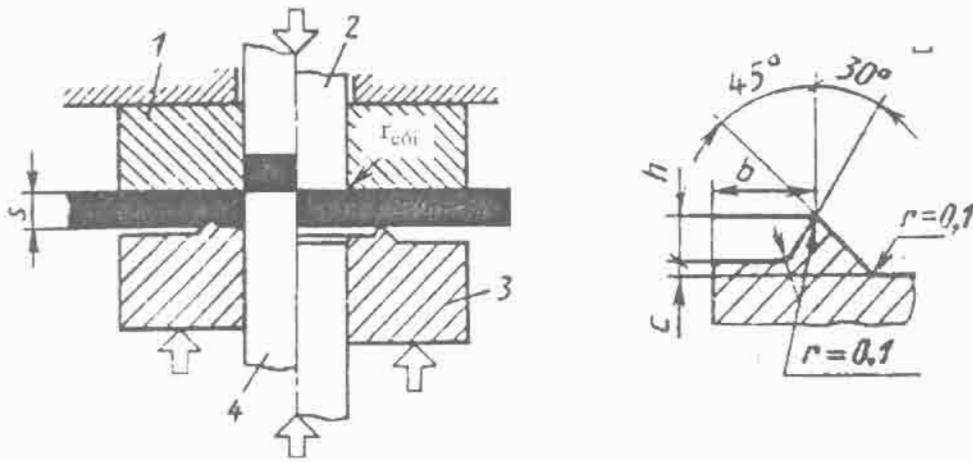
Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, phương pháp hiệu quả nhất để chế tạo các chi tiết phẳng thỏa mãn được các yêu cầu nêu trên là sử dụng các phương pháp cắt hình và đột lỗ chính xác hoặc là nguyên công gọt trong khuôn.

Sử dụng các phương pháp này có thể thay thế cho các phương pháp gia công cơ và đặc biệt là nâng cao năng suất lao động, giảm phế liệu kim loại và hạ giá thành sản phẩm.

Hiện nay phương pháp cắt hình và đột lỗ chính xác được sử dụng rộng rãi nhất là phương pháp sử dụng chày cối có khe hở giữa chúng rất nhỏ và có chặn phôi trước khi đập.

Đặc điểm của phương pháp này là phôi trước khi cắt đột được nén với áp lực lớn ngay sát ổ biến dạng bởi vòng gân hình nêm trên tấm chặn của khuôn (hình 2.31). Khi đó ứng

suất tiếp tập trung ở ổ biến dạng sẽ làm tăng các thành phần tensor ứng suất cầu, do đó tính dẻo của kim loại được nâng cao.



Hình 2.31. Phần làm việc của khuôn cắt hình chính xác.

Việc tách phần phôi này ra khỏi phần phôi khác chỉ là do sự trượt dưới tác dụng của ứng suất tiếp, điều đó cho phép nhận được chi tiết có độ chính xác kích thước và độ nhẵn bề mặt bên rất cao.

Nguyên lý của quá trình biến dạng dẻo khi cắt hình và đột lỗ chính xác cho đến nay vẫn chưa được nghiên cứu một cách đầy đủ. Những cơ sở khoa học được đưa ra đối với những phương pháp này còn rất ít, chỉ có những số liệu nhận được từ thực nghiệm và trên cơ sở sử dụng những kinh nghiệm sản xuất.

Trong khuôn cắt hình và đột lỗ chính xác (hình 2.31) vành chặn 3 có gân hình nêm sẽ ép phôi vào cối 1, khi đó vành gân hình nêm bị ép vào trong phôi, sau đó chày 4 sẽ cắt chi tiết và đẩy nó vào trong cối 1, đẩy lùi được chày đối áp 2. Khi đầu trượt đi lên, phế liệu được đẩy ra khỏi chày cắt 4 bởi vành chặn 3, chi tiết được đẩy ra khỏi cối 1 nhờ chày đẩy 2 và rơi ra khỏi vùng làm việc của khuôn. Ứng suất nén pháp tuyến được tạo ra bởi vòng chặn 3 cần phải lớn hơn giới hạn chảy của vật liệu phôi.

Cắt hình và đột lỗ chính xác được thực hiện trên các máy ép tự động có dẫn động cơ khí với lực ép danh nghĩa 6,3 MN để dập các chi tiết có chiều dày 16 mm và dẫn động bằng thủy lực, lực ép danh nghĩa lên đến 25 MN để dập các chi tiết có chiều dày lên đến 40 mm. Đặc điểm của các máy ép tự động này là chúng có thể tăng dần lực cần thiết để chặn phôi và ép vành gân vào trong phôi trước khi cắt, đặc biệt là lực cắt và lực đối áp để ép chi tiết vào trong cối và sau đó đẩy chi tiết ra khỏi cối. Trường hợp không có máy tự động để cắt hình và đột lỗ chính xác thì có thể sử dụng máy ép cơ khí vạn năng cải tiến, cố trang bị các thiết bị thủy lực để chặn phôi và tạo ra các lực đối áp trong quá trình dập.

Lực tổng cộng hay lực ép toàn phần của máy P dùng để cắt hình và đột lỗ chính xác có nén phôi lớn hơn so với khi cắt đột không có nén phôi trước, khoảng từ $1,65 \div 2,25$ lần.

Phương pháp cắt hình và đột lỗ chính xác thường được sử dụng để dập các chi tiết bằng thép kết cấu và thép hợp kim thấp, các chi tiết bằng đồng thau, đồng đồ kỹ thuật điện, nhôm và hợp kim nhôm. Tùy theo chủng loại thiết bị và lực ép danh nghĩa của nó, việc cắt hình và đột lỗ chính xác có thể thực hiện được với những chi tiết có kích thước nhất định. Ví dụ máy ép tự động có lực danh nghĩa 4 MN có thể dập được các chi tiết bằng thép cỡ lớn và trung bình với chiều dài $250 \div 300$ mm và chiều dày vật liệu $S < 10$ mm; máy ép tự động 25 MN có thể dập được các chi tiết lớn và trung bình với chiều dài 800 mm và chiều dày vật liệu $S \leq 40$ mm.

Trong các khuôn để cắt đột chính xác, vòng gân hình nêm được làm trước trên bề mặt của tấm chặn cho tất cả các loại chiều dày phôi (hình 2.31) khi dập các tấm kim loại dày ($S > 4$ mm) gân hình nêm có thể được làm ở cả trên bề mặt cối.

Kích thước và hình dạng tối ưu của gân đã được xác định bằng thực nghiệm (như trên hình 2.31) các trị số h , b và c tùy thuộc vào chiều dày vật liệu.

Nếu hình dạng của đường bao chi tiết dập đơn giản (tròn, ôvan...) thì gân được bố trí tương ứng cách đều đường bao của chi tiết. Nếu hình dạng của chi tiết phức tạp thì gân cần phải lượn cong ở các góc. Khi đột lỗ chính xác đường kính của lỗ cần phải lớn hơn 4 lần chiều dày phôi và gân được làm trên tấm đẩy phế liệu.

Để giảm mômen uốn khi cắt hình và đột lỗ chính xác thì khe hở giữa chày và cối thường rất nhỏ (hoặc gần như không có khe hở). Giá trị của nó thường được xác định theo công thức thực nghiệm:

$$Z = 0,01 \cdot S^{\Delta Z}$$

trong đó:

Z - khe hở 2 phía;

ΔZ - sai lệch giới hạn, khi S tăng thì ΔZ tăng:

với $S = 2$ mm thì $\Delta Z = 0,005$ mm;

với $S = 12$ mm thì $\Delta Z = 0,03$ mm.

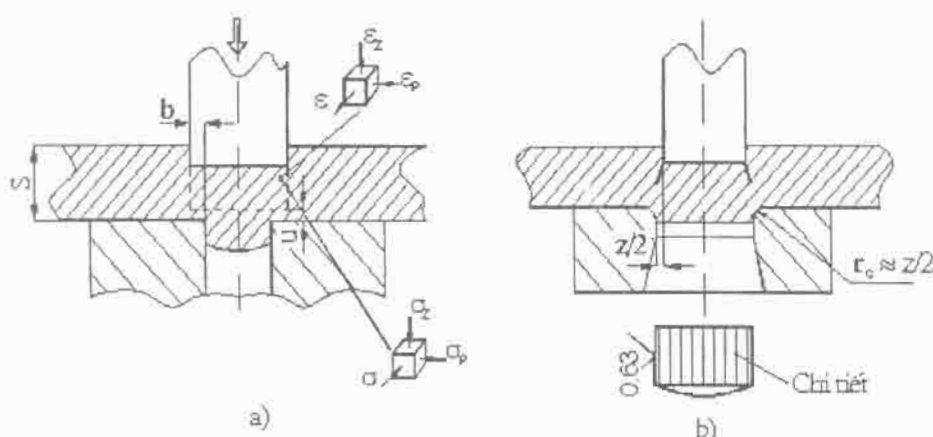
Phần làm việc của lỗ cối không làm góc nghiêng (hoặc côn) bởi vì sau khi dập phải đẩy ngược chi tiết ra khỏi cối. Mép làm việc của cối cần phải được lượn tròn với bán kính lượn nhỏ $r_c = (0,1 \div 0,6)$ mm khi $S = (2 \div 12)$ mm hoặc làm cùn với góc nghiêng nhỏ. Việc làm cùn mép cắt (hoặc lượn tròn) chỉ thực hiện ở một mép làm việc: khi cắt hình thì làm cùn mép của cối, còn khi đột lỗ thì làm cùn mép của chày. Mép cắt còn lại cần phải sắc nhọn để tránh tạo thành ba vĩa. Việc làm cùn mép cắt sẽ làm giảm sự tập trung ứng suất và biến dạng phát sinh gần mép làm việc của dụng cụ. Do đó sự trượt vỡ của các vết nứt xuất hiện khi chày lún sâu vào trong kim loại còn lớn hơn là khi dụng cụ cắt đột có mép cắt sắc nhọn

(hoặc hoàn toàn không xuất hiện) khi đó chiều cao của dải sáng trên chiều cao của mặt cắt sẽ tăng lên.

Cối và vành chặn có gân hình nêm cần phải có phần lắp ghép hình côn với góc côn nhỏ $0^{\circ}30'$, điều đó là cần thiết để kẹp chặt chúng trong khuôn và tấm chặn.

Ngoài phương pháp cắt hình và đột lỗ chính xác có ép phối cục bộ trước khi cắt ở trên người ta còn sử dụng một số phương pháp khác: cắt hình bằng chày lớn hơn cối (hay còn gọi là cắt hình với khe hở âm), cắt hình chính xác với mép cắt cong.

Bản chất của phương pháp này cũng như phương pháp trên là cố tình tạo ra sự nén không đồng đều ở ổ biến dạng dẻo làm tăng tính dẻo của vật liệu phối cùng với việc sử dụng lực ma sát tiếp xúc để làm bằng phẳng và nhẵn bóng bề mặt cắt của chi tiết.



Hình 2.32. Phương pháp cắt hình chính xác:
a. chày lớn hơn cối; b. cối có mép cong.

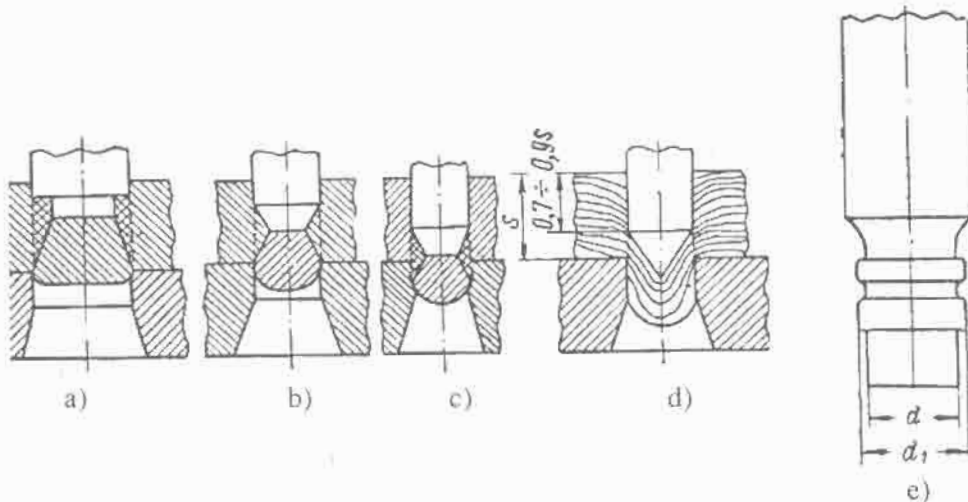
Khi cắt bằng chày lớn hơn cối (hình 2.32a) chày không thể chui vào cối mà cách mặt phẳng cối một khoảng $(0,1 \div 0,15)$ mm, khi đó lượng lớn hơn của chày so với cối (một phía) là b cần phải đảm bảo sao cho ở các phần thẳng của đường bao $b = 0,1S$ còn ở các góc $b = 0,2S$.

Khi cắt hình chính xác bằng cối có mép cong (hình 2.32b) khe hở giữa chày và cối rất nhỏ ($Z = 0,01 \div 0,02$ mm) và không phụ thuộc vào chiều dày vật liệu. Để tạo ra ứng suất nén không đều tại ổ biến dạng và dễ dàng đẩy sản phẩm vào trong cối, mép làm việc của cối được lượn tròn với bán kính $r = Z/2$.

Khi cắt các vật liệu dày $S < 6$ mm, bán kính lượn của cối có thể lấy: $r_c = (0,25 \div 2)$ mm và chiều cao của phần làm việc của cối cần phải đảm bảo $h = 2.S$, góc côn của lỗ thoát cối lấy bằng $(1 \div 2)^{\circ}$ (cho một phía).

Để nhận được được chi tiết có độ chính xác cao, cần chú ý đến biến dạng đàn hồi của chi tiết, thường sau khi cắt kích thước của chi tiết tăng từ $(0,02 \div 0,06)$ mm.

Để đột các lỗ chính xác, bề mặt lỗ nhẵn bóng và vuông góc với bề mặt vật liệu, người ta thường sử dụng các loại chày đột có kết cấu đặc biệt ở phần đầu của chày như: chày bậc, chày côn, chày có lượn cong mép cắt, chày hình chóp nón hoặc chày có mép cắt nhiều bậc để đồng thời đột lỗ, gọt và tinh chỉnh lỗ (hình 2.33).



Hình 2.33. Kết cấu của chày để đột lỗ chính xác:

- a) chày bậc; b, c) chày côn; d) chày hình nón;
e) chày nhiều bậc để đồng thời đột lỗ, gọt và tinh chỉnh lỗ.

Những phương pháp này được sử dụng để đột chính xác các lỗ có đường kính $d = (12 \div 15)$ mm trong các chi tiết bằng kim loại màu và thép mềm với chiều dày $S = (0,8 \div 3)$ mm.

Nhược điểm của các phương pháp này là mép cắt phần làm việc của chày thường rất nhanh mòn và không thể mài lại chày.

Khi đột các lỗ có đường kính $d > 3S$ từ các chi tiết bằng nhôm, duralumin hoặc thép mềm người ta dùng chày đột có bán kính lượn ở mép cắt với $r_{ch} = (0,3 \div 0,5)S$.

Khi đột các lỗ nhỏ ($d < 3S$) trên chi tiết bằng đồng hoặc đồng thau, tốt nhất là dùng chày có góc nón $\alpha = 12^\circ$.

Chày có kết cấu hình côn (hình 2.33b, c) được dùng để đột thép hợp kim thấp và khi đó chày còn có thể mài lại được.

Tương tự như khi cắt hình, khi đột lỗ chính xác, khe hở giữa chày và cối cho tất cả các trường hợp đều lấy rất nhỏ với $Z = (0,01 \div 0,02)$ mm, độ bóng bề mặt lỗ có thể đạt được $R_a = 0,32 \div 1,25 \mu m$.

Người ta cũng có thể kết hợp cắt hình và đột lỗ chính xác trên một khuôn. Khi cắt hình và đột lỗ chính xác lực công nghệ cần thiết thường lớn hơn từ 2÷2,5 lần so với khi cắt có trị số khe hở tối ưu.

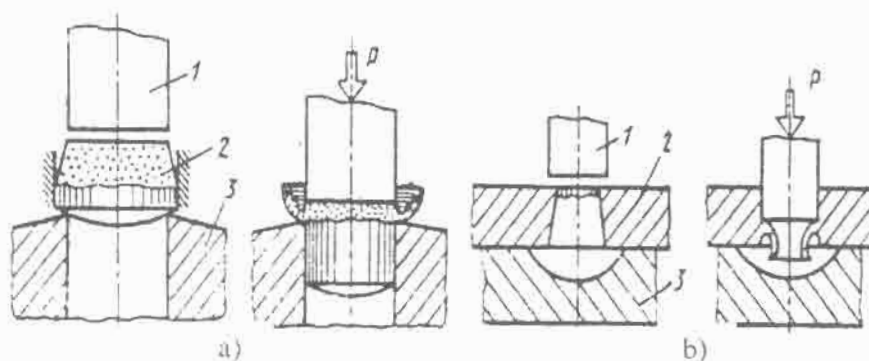
2.3.2. Nguyên công gọt (cắt tinh)

Công dụng của nguyên công này là nhằm nâng cao độ chính xác kích thước những chi tiết đã được gia công và nâng cao chất lượng bề mặt bên của chi tiết hoặc lỗ sau khi cắt đột thông thường. Kích thước của các chi tiết hoặc lỗ có thể gọt thường không lớn hơn $150 \div 200$ mm với chiều dày vật liệu $3 \div 4$ mm. Việc gọt các chi tiết lớn hơn thường có khó khăn khi chế tạo khuôn. Khi gọt các chi tiết dày $S = 8 \div 10$ mm thường phải thực hiện sau một vài nguyên công. Độ nhấp nhô bề mặt sau khi gọt $R_a = 0,32 \div 1,25 \mu\text{m}$ khi chiều dày $S < 3$ mm, còn khi chiều dày $S > 3$ mm thì $R_a = 1,25 \div 2,5 \mu\text{m}$ độ chính xác kích thước lúc đó có thể đạt cấp 8 ÷ 11.

Nguyên công gọt cũng có thể sử dụng để gọt các chi tiết bằng kim loại và hợp kim màu như: đồng, đồng thau, nhôm ... hoặc các chi tiết bằng thép cacbon thấp, thép chống ăn mòn và hợp kim titan.

Chiều rộng của lớp kim loại được gọt ra luôn luôn phải nhỏ hơn chiều dày của phôi, nguyên lý tách các phần tử kim loại trong quá trình cắt gọt khác với khi cắt hình và đột lỗ thông thường. Quá trình cắt lượng dư dưới dạng phoi xảy ra một cách tuần tự (dần dần) cùng với sự dịch chuyển chảy liên tục cho đến khi hết chiều dày phôi, còn khi cắt đột thông thường thì quá trình cắt là do sự trượt vỡ các vết nứt.

Tuỳ theo quá trình gọt theo đường bao ngoài hay đường bao trong (cắt hình hay đột lỗ) mà mép làm việc (mép cắt) của dụng cụ có thể là cối (hoặc chày) (hình 2.34).



Hình 2.34. Sơ đồ gọt bằng khuôn theo biên dạng ngoài (a) và gọt lỗ (b):

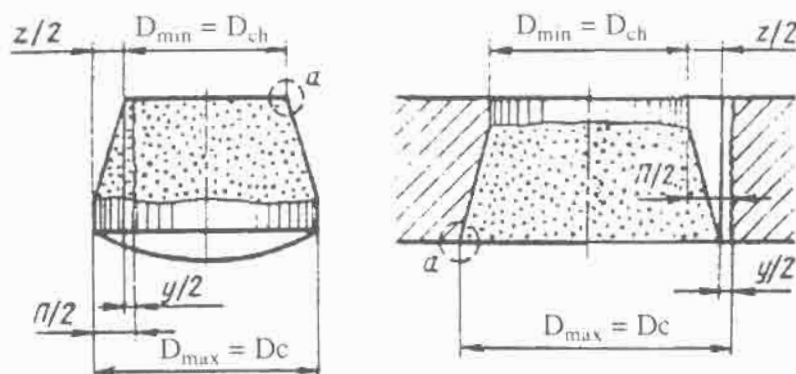
1. chày; 2. chi tiết (lỗ); 3. cối.

Nguyên công gọt được sử dụng chủ yếu trong công nghiệp sản xuất đồng hồ, dụng cụ đo thay cho phương pháp gia công cơ, nó làm giảm bớt những khó khăn khi chế tạo những chi tiết, nhất là các chi tiết nhỏ, chẳng hạn nó có thể thay thế cho việc phay các bánh răng với đường kính 26 mm và chiều dày 2 mm. Nó có thể giảm công lao động và nâng cao được chất lượng bề mặt.

Ngoài ra, nguyên công gọt còn có thể khử được (tách bỏ được) lớp biến cứng phân bố theo đường bao của chi tiết hoặc lỗ khi cắt đột thông thường mà sau đó phải thực hiện nguyên công tạo hình. Chẳng hạn khi lên vành lỗ, nếu khử bỏ được lớp biến cứng do đột lỗ thông thường thì có thể nâng cao được mức độ biến dạng giới hạn.

Lượng dư để gọt các chi tiết hoặc lỗ sau khi cắt hình và đột lỗ thông thường: Các bề mặt cắt thường luôn luôn có dạng côn (hoặc nghiêng) so với bề mặt vật liệu vì vậy kích thước tiết diện ngang của chi tiết hoặc lỗ thường có giá trị khác nhau; kích thước ngang lớn nhất của chi tiết (hoặc lỗ) bằng kích thước làm việc của lỗ cối, $D_{\max} = D_{\text{cối}}$, còn kích thước nhỏ nhất bằng kích thước làm việc của chày $D_{\min} = D_{\text{chày}}$ và hiệu số của chúng chính là trị số khe hở tối ưu hai phía Z giữa chày và cối $Z_{2\text{phía}} = D_{\max} - D_{\min}$.

Để có thể nhận được chi tiết hoặc lỗ có bề mặt bên (mặt cắt) song song với nhau và vuông góc với bề mặt vật liệu, nghĩa là kích thước của chi tiết (lỗ) giống nhau trên toàn bộ đường sinh của mặt cắt thì cần phải gọt để cắt bỏ phần kim loại tạo ra mặt côn với chiều rộng lớn nhất $Z/2$ (hình 2.35). Tuy nhiên nếu chỉ gọt với lượng dư như vậy thì sẽ không thể tạo ra được bề mặt cắt nhẵn bóng trên toàn chiều dày phôi, đặc biệt là ở chỗ mép của lỗ (hình 2.35 điểm a).



Hình 2.35. Sơ đồ phân bố lượng dư để gọt.

Chính vì vậy lượng dư một phía để gọt $\Delta/2$ cần phải lớn hơn trị số $Z/2$ một lượng là $y/2$, do đó: $\Delta = Z + y$.

trong đó:

Δ - lượng dư toàn phần (để gọt 2 phía);

y - lượng dư để gọt bổ sung cho 2 phía.

Trị số của y phụ thuộc vào loại vật liệu, chiều dày vật liệu và hình dạng đường bao của chi tiết. Khi gọt kim loại có thể lấy $y = (0,1 \div 0,6) \text{ mm}$, còn khi gọt hêtinac và tectolit có thể lấy $y = (0,2 \div 0,5)S$.

Khi gọt các lỗ có đường kính không lớn ($d < S$) thì lượng dư để gọt sau khi khoan là $(0,15 \div 0,2)$ mm, khi gọt nhiều lần thì lượng dư tổng cộng để gọt là:

$$\Delta = y.(0,7.N + 0,3) + Z$$

trong đó: N - số nguyên công gọt.

Lực để gọt tùy thuộc vào chu vi của đường bao cần gọt, chiều dày vật liệu, đặc trưng về độ bền của kim loại và lượng dư gọt. Khi xác định lực để gọt chi tiết (gọt theo đường bao ngoài) cần chú ý đến lực đẩy chi tiết (đã được gọt) qua lỗ làm việc của cối. Do việc nghiên cứu lý thuyết của quá trình gọt chưa hoàn chỉnh nên lực gọt tổng cộng có thể xác định một cách gần đúng theo công thức thực nghiệm:

$$P_{\text{gọt}} = L.\sigma_c \{ \Delta + (0,15 \div 0,2).n.S \}$$

trong đó:

- L - chu vi đường bao gọt (mm);
- n - số chi tiết nằm trong cối gọt;
- σ_c - trở lực cắt;
- S - chiều dày vật liệu;
- Δ - lượng dư gọt tổng cộng.

Một cách gần đúng có thể coi:

$$P_{\text{gọt}} = 25\%.P_{\text{cắt, đột}}$$

Khi thực hiện các nguyên công cắt, đặc biệt là khi cắt hình và đột lỗ chính xác, sự mài mòn của chày, cối có thể giảm đi $(2 \div 4)$ lần, nếu dùng thiết bị công nghệ bôi trơn và làm nguội đặc biệt (COTC) so với khi dùng dầu công nghiệp 45. Thành phần của các chất bôi trơn và làm nguội đặc biệt này có thể khác nhau và bao gồm các loại sau: XC147, XC163 và XC164, các chất bôi trơn này có độ bám dính cao và dẫn nhiệt tốt.

2.4. XẾP HÌNH SẢN PHẨM

2.4.1. Chỉ tiêu kinh tế của việc xếp hình

Trong công nghệ tạo hình tấm, chi phí về nguyên vật liệu của chi tiết thường chiếm khoảng $(50 \div 70)\%$ giá thành của sản phẩm. Vì vậy phương pháp hiệu quả nhất để giảm giá thành sản phẩm là sử dụng kim loại sao cho tiết kiệm nhất, giảm phế liệu đến mức thấp nhất. Nếu giảm được 1% khối lượng phế liệu thì giá thành sản phẩm có thể giảm $(0,4 \div 0,5)\%$, do đó vấn đề xếp hình sản phẩm sao cho tối ưu luôn luôn được đặt ra với mọi chi tiết dập.

Xếp hình sản phẩm chính là sự sắp xếp các chi tiết phôi trên tấm, trên dải hoặc băng sao cho có hiệu quả nhất.

Hệ số sử dụng vật liệu K_s là tỷ số giữa khối lượng của chi tiết và định mức tiêu hao vật liệu khi chế tạo nó.

Hệ số xếp hình K_X bằng tỷ số giữa khối lượng các chi tiết nhận được từ một phôi (tấm, dài) với khối lượng của phôi ban đầu.

Nếu coi chiều dày của chi tiết dập từ tấm không thay đổi và bằng chiều dày của phôi tấm thì hệ số sử dụng vật liệu K_S có thể coi như là tỷ số giữa diện tích tất cả các chi tiết được dập ra từ phôi tấm $n.f$ với diện tích của tấm phôi $B.L$:

$$K_S = n.f/(B.L) \quad (2-35)$$

trong đó:

- f - diện tích của một chi tiết;
- n - số chi tiết cắt được trên tấm;
- B và L - chiều rộng và chiều dài của tấm.

Nếu trong chi tiết có các lỗ đột thì diện tích chi tiết khi đó sẽ bằng $(f - f_{lỗ})$

$$K_S = \frac{n.(f - f_{lỗ})}{B \times L} \quad (2-36)$$

trong đó:

- f - diện tích chi tiết theo đường bao ngoài;
- $f_{lỗ}$ - tổng diện tích của tất cả các lỗ.

Tương tự như vậy chúng ta có hệ số xếp hình chính là tỷ số giữa diện tích của tất cả các chi tiết (tính theo đường bao ngoài của chi tiết kể cả diện tích lỗ) với diện tích của phôi tấm:

$$K_X = n.f/B.L$$

Như vậy có thể dễ dàng thấy rằng khi chi tiết không có lỗ nghĩa là $f_{lỗ} = 0$ chúng ta có:

$$K_S = K_X = n.f/(B.L)$$

Nếu hệ số xếp hình K_X phụ thuộc vào hình dạng đường bao ngoài của chi tiết và sự bố trí chúng trên tấm, thì hệ số sử dụng vật liệu K_S ngoài những yếu tố trên còn phụ thuộc vào sự có mặt của các lỗ trong chi tiết.

Hệ số sử dụng kim loại là chỉ tiêu chính để đánh giá một phương án sử dụng kim loại có hiệu quả hay không cũng như sự đánh giá tính công nghệ của chi tiết dập. Nếu hệ số sử dụng kim loại càng lớn thì tính kinh tế của phương án xếp hình và tính công nghệ của chi tiết dập càng cao.

2.4.2. Các dạng xếp hình vật liệu và lĩnh vực sử dụng

Người ta chia các dạng xếp hình vật liệu thành 3 loại tùy theo mức độ phế liệu nhiều hay ít:

- + Xếp hình có phế liệu,
- + Xếp hình ít phế liệu,
- + Xếp hình không có phế liệu.

Khi xếp hình có phế liệu chi tiết hoặc phôi thường được cắt theo đường bao kín. Khi đó giữa các chi tiết và giữa chi tiết với mép dải hoặc tấm đều có mạch nối (hình 2.36a). Việc xếp hình có phế liệu theo toàn bộ đường bao chi tiết thường được sử dụng khi dập các chi tiết có biên dạng ngoài phần lớn là đường cong và yêu cầu có độ chính xác cao.

Mạch nối cũng được chia thành 2 loại: mạch nối giữa các chi tiết a_1 và mạch nối bên là khoảng cách giữa mép chi tiết với mép phôi tấm hoặc dải, a . Trị số của mạch nối bên a tùy thuộc vào hình dạng của chi tiết và chiều dày vật liệu, trị số này thường lớn hơn $(1,15 + 1,3)$ lần so với trị số mạch nối giữa các chi tiết a_1 :

$$a = (1,15 + 1,3)a_1$$

Sở dĩ như vậy là để đề phòng sai lệch kích thước của dải về chiều rộng (trong giới hạn cho phép) và khả năng cạnh bên của dải (tấm) không thẳng.

Trị số của mạch nối ảnh hưởng đến hệ số sử dụng vật liệu: K_S , độ chính xác kích thước của chi tiết cắt và độ bền của chày, cối. Nếu trị số mạch nối càng lớn thì hệ số K_S càng nhỏ và do đó phế liệu sẽ càng nhiều. Nhưng trị số mạch nối cũng phải đủ lớn để đảm bảo độ cứng vững, nếu trị số mạch nối quá nhỏ, độ cứng vững của chúng không đảm bảo, bị mất ổn định và có thể bị kẹt trong khe hở giữa chày và cối, do đó làm giảm độ bền của chày cối và cũng có thể dẫn đến phá hủy chày cối. Ngoài ra độ cứng vững của mạch nối không đảm bảo sẽ làm giảm độ chính xác của bước dập do nó bị uốn đàn hồi khi chạm vào cử dập nếu sử dụng các cơ cấu cấp phôi tự động hoặc cấp phôi bằng tay.

Trị số mạch nối phụ thuộc vào chiều dày vật liệu và cơ tính của nó, độ dài phần cạnh thẳng của chi tiết (nếu độ dài càng lớn thì mức độ biến dạng đàn hồi của mạch nối càng lớn), phụ thuộc vào kết cấu khuôn (đặc biệt là cử phôi), phụ thuộc vào cơ cấu cấp phôi tự động và một số yếu tố khác (trị số mạch nối được xác định theo các sổ tay).

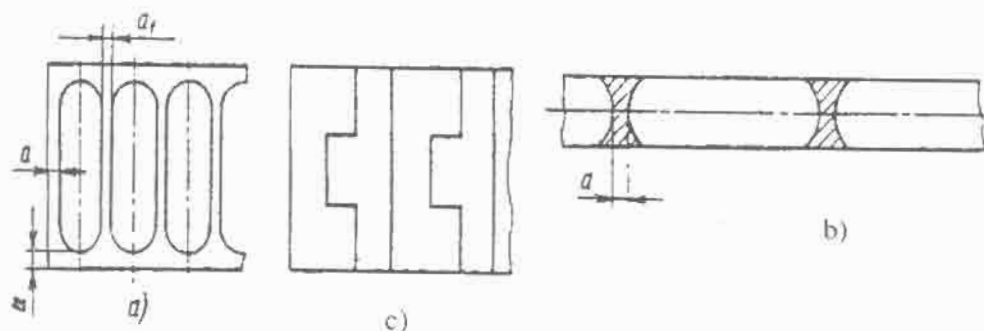
Tùy theo các yếu tố ảnh hưởng, trị số mạch nối có thể thay đổi từ $(1 + 3,2)$ mm với $S < 4$ mm và từ $(2,5 + 6,5)$ mm với $S = (4 + 10)$ mm.

Xếp hình ít phế liệu thường không có mạch nối bên ($a = 0$) khi đó chiều rộng của dải bằng chiều rộng của chi tiết dập. Xếp hình ít phế liệu thường được sử dụng khi dập các má xích của băng tải (hình 2.36b) và một số chi tiết khác. Hệ số sử dụng vật liệu K_S cao hơn so với xếp hình có phế liệu.

Xếp hình không có phế liệu được sử dụng khi dập các chi tiết mà đường bao của nó có thể tiếp xúc nhau hoàn toàn giữa các chi tiết. Khi đó không có mạch nối nên hệ số $K_S = 1$. Có thể xếp hình không có phế liệu đối với một loại chi tiết hoặc các chi tiết có hình dạng khác nhau trên cùng một dải phôi (hình 2.36c).

Khi xếp hình ít phế liệu hoặc không có phế liệu thường xảy ra hiện tượng cắt theo đường bao ngoài không khép kín, điều đó thường làm giảm độ bền của dụng cụ (chày, cối) do xuất hiện mômen uốn và lực chặn không cân bằng khi cắt. Do vậy chày dập có thể bị

biến dạng đàn hồi làm thay đổi trị số khe hở giữa chân và cối. Nếu trị số khe hở tăng lên lớn hơn trị số khe hở tối ưu sẽ làm cho chi tiết bị ba vĩa, còn khi trị số khe hở giảm sẽ làm tăng áp lực đơn vị lên mép làm việc của chân và cối, do đó chân cối sẽ bị cùn và mài mòn nhanh hơn.



Hình 2.36. Các dạng xếp hình:

a. xếp hình có phế liệu; b. xếp hình ít phế liệu; c. xếp hình không có phế liệu.

Dạng xếp hình		Có phế liệu	Ít và không có phế liệu
a	Thẳng		
b	Nghiêng		
c	So le		
d	Phối hợp		
e	Nhiều hàng		
f	Cắt mạch nối		

Hình 2.37. Các dạng xếp hình cơ bản.

Có 6 dạng cơ bản khi xếp hình trên dải, việc áp dụng các dạng xếp hình này tùy thuộc vào hình dạng và kích thước của chi tiết dập, khi dập các chi tiết có hình dáng hình học đơn giản (chữ nhật, ôvan) có thể sử dụng phương pháp xếp hình thẳng (hình 2.37a) và một số chi tiết có hình dạng phức tạp khác như trên hình 2.37. Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối đối với các chi tiết không lớn người ta có thể xếp nhiều hàng. Khi dập các chi tiết nhỏ và rất mảnh (ví dụ như kim đồng hồ) thì người ta xếp hình để cắt phần mạch nối với mục đích tăng tiết diện ngang của chày, khi đó phế liệu kim loại sẽ tăng lên. Với mỗi chi tiết có thể có nhiều phương án xếp hình khác nhau, vì vậy khi lựa chọn phương án xếp hình trên dải cần xem xét, cân nhắc các phương án để chọn ra phương án có lợi nhất sao cho nâng cao được hệ số sử dụng K_S đồng thời kết cấu khuôn đơn giản nhất, đảm bảo được độ chính xác yêu cầu của sản phẩm. Trong trường hợp không ảnh hưởng đến tính năng sử dụng và tính thẩm mỹ của chi tiết có thể thay đổi hình dạng của chi tiết hoặc sửa đổi đường bao một phần để có thể xếp hình ít phế liệu hoặc không có phế liệu.

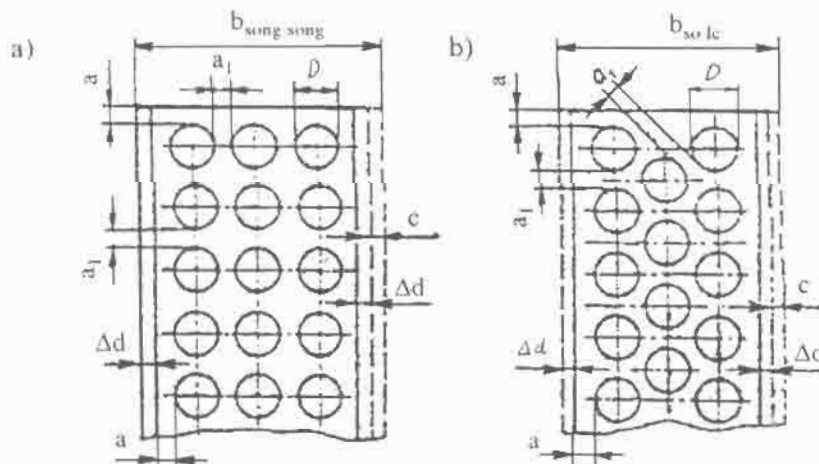
2.4.3. Chọn phương án xếp hình trên tấm

Việc lựa chọn một phương án xếp hình hợp lý nhất được thực hiện bằng cách phân tích, tính toán hoặc bằng cách xếp hình trực tiếp trên tấm (với những phối được cắt bằng giấy có hình dạng và kích thước như của chi tiết dập). Phương pháp xếp hình trực tiếp được sử dụng trong sản xuất loạt nhỏ với những chi tiết có hình dạng phức tạp, khi đó khối lượng phế liệu sẽ là nhỏ nhất.

Khi xác định chiều rộng của dải phôi và bước cấp phôi (bước dập) cần tính đến trị số mạch nối bên và mạch nối dọc giữa các chi tiết.

Phương pháp lựa chọn phương án xếp hình theo phân tích tính toán thường chỉ được áp dụng khi xác định các quan hệ giữa các thông số xếp hình và hệ số sử dụng vật liệu K_S .

Chúng ta có thể khảo sát một phương pháp xác định hệ số K_S khi cắt một chi tiết hình tròn, được xếp hình nhiều hàng với 2 phương án: xếp song song và xếp so le (hình 2.38).



Hình 2.38. Phương án xếp hình chi tiết tròn.

Đầu tiên ta chọn phương án xếp và số hàng N trên dải, tùy thuộc vào đường kính chi tiết và chiều dày của phôi, dải phôi phải đảm bảo sao cho công nhân có thể thao tác dễ dàng trong suốt quá trình làm việc khi cấp phôi bằng tay. Sau đó cần xác định trị số mạch nối a và a_1 , dung sai chiều rộng của dải Δd , khe hở Z giữa mép của dải với cạnh dẫn hướng của khuôn và lượng dư c để cắt bằng dao cắt bước bên (nếu có trong khuôn).

Sau khi tính toán và lựa chọn các thông số, chúng ta có thể xác định được chiều rộng của dải (bằng phương pháp hình học).

- Khi xếp song song và không sử dụng chặn bên (đẩy phôi tỳ vào cạnh rãnh dẫn hướng):

$$b_{\text{song song}} = N.D + 2.a + (N - 1)a_1 + 2.\Delta d + Z \quad (2-37)$$

- Khi xếp so le không sử dụng chặn bên:

$$b_{\text{so le}} = D + 2.a + 0,866.(N - 1)(D + a_1) + 2.\Delta d + Z \quad (2-38)$$

Khi dập có sử dụng chặn bên, thì có thể coi rằng khe hở $Z = 0$ và khi đó chiều rộng của dải phôi được xác định theo công thức (2-37) và (2-38) với $Z = 0$.

Chiều rộng của dải phôi khi cắt các chi tiết (phôi) tròn trong các khuôn có sử dụng dao cắt bước bên để cắt bỏ phần chiều rộng dư thừa c dọc theo dải phôi, trong 2 trường hợp xếp song song và xếp so le là:

- Khi dao cắt bước bên chỉ có ở một cạnh phôi:

$$b_{\text{song song}} = N.D + 2.a + (N - 1)a_1 + c \quad (2-39)$$

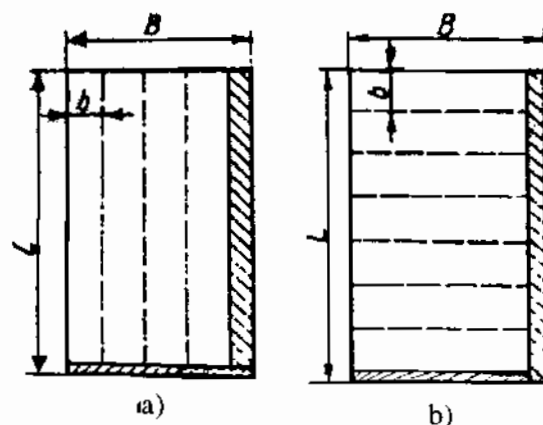
$$b_{\text{so le}} = D + 2.a + 0,866(N - 1)(D + a_1) + c \quad (2-40)$$

- Khi dao cắt bước bên ở hai phía:

$$b_{\text{song song}} = N.D + 2.a + (N - 1)a_1 + 2c \quad (2-41)$$

$$b_{\text{so le}} = D + 2.a + 0,866(N - 1)(D + a_1) + 2c \quad (2-42)$$

Sau khi xác định được chiều rộng của dải chúng ta có thể xác định được số dải trên tấm với 2 phương án xếp theo chiều dọc và chiều ngang của tấm (hình 2.39).



Hình 2.39. Phương án cắt tấm thành dải.

- Khi cắt dải theo chiều dọc tấm (chiều dài) ta có số dải:

$$n_{\text{dải (song song)}} = B/b_{\text{song song}} \quad (2-43)$$

$$n_{\text{dải (so le)}} = B/b_{\text{so le}} \quad (2-44)$$

- Khi cắt theo chiều ngang tấm ta có:

$$n_{\text{dải (song song)}} = L/b_{\text{song song}} \quad (2-45)$$

$$n_{\text{dải (so le)}} = L/b_{\text{so le}} \quad (2-46)$$

Phương pháp xếp hình các dải trên tấm cũng giống như xếp hình trên dải, nó ảnh hưởng đến hệ số sử dụng vật liệu K_S . Khi cắt các tấm thành dải không chỉ chú ý đến tính kinh tế (tiết kiệm vật liệu) mà còn phải chú ý đến các yếu tố công nghệ cũng như năng suất lao động khi cắt trên máy cắt. Chẳng hạn như khi cắt tấm thành dải cần phải tính đến sự định hướng của trục dọc chi tiết so với hướng thớ kim loại, nhất là đối với các chi tiết phải uốn các góc uốn nhỏ, đường uốn cần phải vuông góc hoặc nghiêng một góc nhất định so với hướng cán (thường lớn hơn 30°). Phương án xếp hình tốt hơn cả là tất cả các dải được xếp theo chiều dọc tấm, khi đó năng suất cắt sẽ cao hơn so với khi xếp ngang tấm.

Tuy nhiên cắt dọc tấm không phải khi nào cũng là tốt nhất mà trong một số trường hợp thường gây khó khăn cho quá trình dập do chiều dài của dải lớn, chiều dày phôi nhỏ, phôi thường bị võng, khó đưa phôi vào vùng làm việc hơn so với dải phôi ngắn. Ngoài ra đôi khi xếp theo chiều ngang tấm số chi tiết trên tấm nhiều hơn so với khi xếp dọc tấm, do đó phế liệu khi cắt tấm sẽ ít hơn.

Cuối cùng chúng ta có thể xác định được hệ số sử dụng vật liệu K_S với các phương án xếp hình khác nhau:

- Khi xếp song song các chi tiết trên dải và các dải được cắt dọc theo tấm, ta có số chi tiết trên dải (với $a \approx a_1$) là:

$$m_L (\text{song song}) = N(L - a)/(D + a_1) = N(L - a)/(D + a) \quad (2-47)$$

- Khi cắt ngang tấm ta có:

$$m_B (\text{song song}) = N(B - a)/(D + a_1) = N(B - a)/(D + a) \quad (2-48)$$

- Khi xếp so le, số chi tiết trên một dải sẽ là:

$$m_{\text{so le}} = N_1 \cdot l_1 + N_2 \cdot l_2 \quad (2-49)$$

trong đó:

- N_1 và N_2 tương ứng là số hàng dọc theo dải có số chi tiết là lớn nhất và nhỏ nhất,
- l_1 và l_2 là số hàng theo chiều ngang của dải có số chi tiết là lớn nhất và nhỏ nhất.

Có thể thấy rằng: $N_2 = N_1 - 1$ do đó:

$$m_{\text{so le}} = N_1 \cdot l_1 + (N_1 - 1)l_2 \quad (2-50)$$

Chúng ta khảo sát hai loại xếp hình: khi $l_1 = l_2$ thì số hàng theo chiều ngang của dải $l = l_1 + l_2$ sẽ luôn luôn là một số chẵn, còn khi $l_2 = l_1 - 1$ thì số hàng theo chiều ngang của dải sẽ luôn luôn là một số lẻ.

Nếu thay $l_1 = l_2$ và $l = l_1 + l_2$ vào công thức (2-50) chúng ta sẽ có số chi tiết trên mỗi dải khi xếp so le và số hàng theo chiều ngang của dải là chẵn như sau:

$$m_{\text{so le(chẵn)}} = 0,5(2N_1 - 1) l \quad (2-51)$$

Thay $l_2 = (l_1 - 1)$ và $l = (l_1 + l_2)$ vào (2-50) ta có số chi tiết trên dải khi số hàng theo chiều ngang dải là lẻ như sau:

$$m_{\text{so le(lẻ)}} = 0,5.[N_1(l + 1) + (N_1 - 1)(l - 1)] \quad (2-52)$$

Trong các công thức (2-51) và (2-52), N_1 được xác định từ công thức (2-38) với $\Delta d = 0$, $Z = 0$ và $a \approx a_1$:

$$N_1 = \frac{(b_{\text{sole}} - a) - 0,134(D + a)}{0,866(D + a)} \quad (2-53)$$

Số hàng theo chiều ngang của dải l tùy thuộc vào phương án xếp hình trên tấm, nếu cắt dải theo chiều ngang tấm ta có:

$$l = \frac{B - 2a - D}{0,866(D + a_1)} + 1 \quad (2-54)$$

Nếu cắt dải theo chiều dọc tấm ta có:

$$l = \frac{L - 2a - D}{(D + a_1).0,866} + 1 \quad (2-55)$$

trong đó: B và L là chiều rộng và chiều dài của tấm, giá trị mà ta tính toán được sẽ chỉ là số nguyên khi B và L là bội số của bước xếp hình $(D + a_1)$.

Nếu chúng ta biết được số dải trên tấm n_d và số chi tiết trên mỗi dải m , chúng ta có thể xác định được số chi tiết trên tấm với các phương án xếp hình khác nhau:

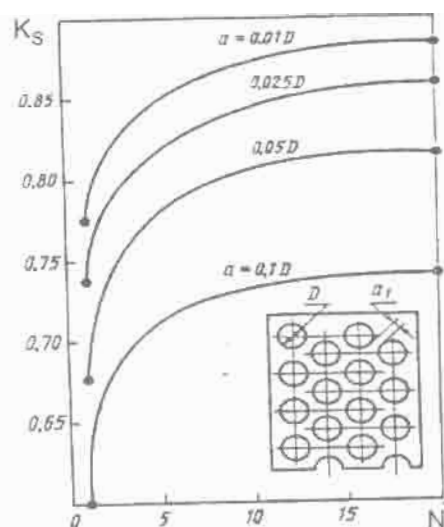
$$n_{\text{tấm}} = n_{\text{dải}} \cdot m \quad (2-56)$$

Do đó hệ số sử dụng vật liệu K_S được xác định:

$$K_S = (0,875.D^2.n_{\text{tấm}})/B.L \quad (2-57)$$

Như vậy các tính toán ở trên đã cho thấy rằng: khi xếp so le sẽ có lợi hơn (kinh tế hơn) so với khi xếp song song và khi xếp so le hiệu quả sẽ càng cao khi số hàng càng nhiều (biểu đồ trên hình 2.40).

Việc xếp hình nhiều hàng sẽ được sử dụng có hiệu quả khi dập các chi tiết tròn có đường kính tương đối nhỏ $D = 100 \div 120$ mm với số hàng $N \geq 10$ khi $D \leq 10$ mm và $N = 1 \div 2$ khi $D > 120$ mm. Với số hàng tăng lên chiều rộng của dải tăng và khối lượng của dải sẽ lớn (nặng), do đó công nhân thao tác sẽ khó khăn hơn do phải tốn hao sức lao động nhiều. Trong trường hợp này cần cơ khí hoá quá trình cấp phối.



Hình 2.40. Quan hệ giữa hệ số sử dụng vật liệu K_S và số hàng N khi xếp so le.

Việc dập trực tiếp từ tấm mà không cắt thành dải sẽ có hiệu quả lớn hơn khi dập từ phôi dải hoặc phôi băng.

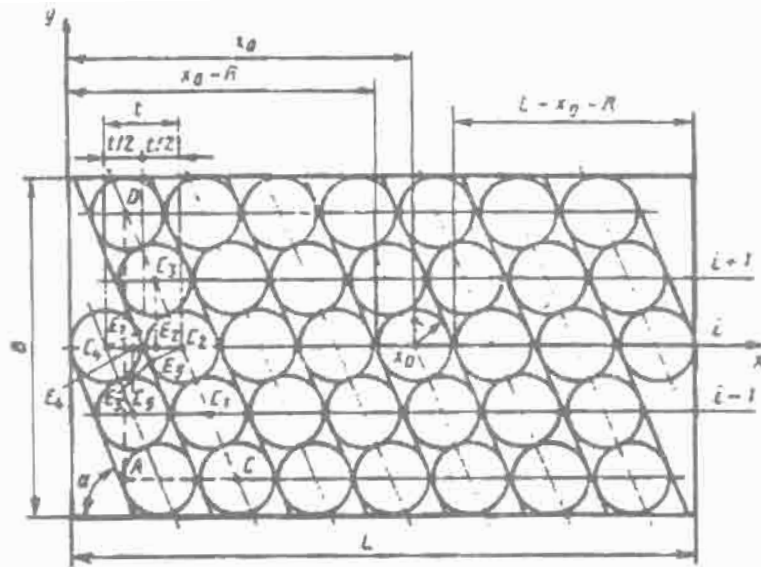
Để dập các chi tiết tròn được xếp theo hàng so le một cách trực tiếp trên tấm người ta thường sử dụng các cơ cấu tự động với các máy ép trục khuỷu thân hở. Nguyên tắc làm việc của các thiết bị này là từ chuyển động quay của trục chính máy ép được biến đổi bởi một cơ cấu dẫn động trục vít thành chuyển động tịnh tiến zích zắc của giá đỡ trong đó tấm được kẹp chặt. Việc điều chỉnh cơ cấu dẫn động trục vít với một trị số xác định sẽ được thực hiện tùy theo việc xếp hình trên tấm. Thiết bị này nếu làm việc ở chế độ tự động thì năng suất của nó có thể đạt 35.000 chiếc trong một ca, độ chính xác của bước cấp phôi có thể đạt $(0,25 \div 0,15)$ mm.

2.4.4. Tối ưu hoá việc xếp hình sản phẩm nhờ máy tính

Cùng với sự phát triển của công nghệ thông tin, việc tối ưu hoá quá trình xếp hình vật liệu đã được thực hiện nhờ máy tính. Điều đó cho phép rút ngắn thời gian khảo sát nhiều phương án khác nhau và chọn ra phương án tối ưu.

Ví dụ dùng máy tính để xác định hiệu quả xếp hình lớn nhất trên cơ sở các thuật toán đã khảo sát (xem công thức 2.38 ÷ 2.57) để xác định hệ số sử dụng vật liệu K_S lớn nhất tùy theo dạng xếp hình (song song hay so le), số hàng chi tiết trên mỗi dải và phương pháp cắt tấm thành dải (dọc hoặc ngang tấm) và kích thước của tấm.

Việc xác định K_S đối với chi tiết tròn có đường kính $D = 70$ mm xếp 2 ÷ 4 hàng khi cắt dọc và ngang tấm với 5 kích thước tiêu chuẩn đã chỉ ra rằng K_S có sự phụ thuộc vào các thông số đã đưa ra.



Hình 2.41. Xếp hình nghiêng các chi tiết tròn có đường kính lớn.

Trị số lớn nhất của $K_S = 0,779$ khi xếp 3 hàng so le trên dải và cắt tấm có kích thước 1000×2000 mm theo chiều dọc tấm. Trị số nhỏ nhất của $K_S = 0,4$ khi xếp 4 hàng song song trên dải và cắt theo chiều dọc tấm có kích thước $B \times L = 500 \times 1000$. Khi xếp hình các chi tiết tròn có đường kính lớn ($D = 200 + 250$ mm) thì không thể tránh khỏi phế liệu kim loại ở góc, mà phế liệu sẽ tăng lên khi tăng đường kính. Trong trường hợp như vậy thường chỉ xếp một hàng trên các dải được cắt ngang tấm.

Để nâng cao hiệu quả của việc xếp hình, giảm phế liệu kim loại ở góc người ta sử dụng phương pháp xếp hình nghiêng với việc xây dựng góc nghiêng của dải được xác định từ điều kiện sắp xếp sao cho số chi tiết trong dải là một số nguyên nhỏ nhất (hình 2.41).

Với một đường kính xác định của chi tiết tròn thì hiệu quả của việc xếp hình nghiêng phụ thuộc chủ yếu vào góc nghiêng của dải trên tấm (so với cạnh tấm) và vào kích thước của tấm.

Thuật toán để tính toán trên máy tính nhằm xác định số lượng chi tiết nhiều nhất trên tấm có kích thước $B \times L$ bao gồm các phần tử sau:

1) Theo kích thước của tấm $B \times L$ và đường kính chi tiết $D = 2R$ từ tam giác ACD (xem hình 2.41) chúng ta có thể xác định được góc nghiêng của dải α mà với góc nghiêng này số chi tiết trong dải là một số nguyên nhỏ nhất:

$$\alpha = \arcsin \frac{B - 2R}{2R(n - 1)}$$

trong đó: B - chiều rộng tấm;

R - bán kính phôi (chi tiết);

n - số chi tiết trong dải (số nguyên nhỏ nhất).

$$n = \frac{B}{2R+1}$$

2) Xác định khoảng cách t giữa các tâm của các hình tròn đồng mức từ các tam giác $C_4E_1E_3$ và $C_2E_5E_3$:

$$t = C_4E_3 + C_2E_3 = \frac{2R}{\sin \alpha}$$

và số hình tròn được sắp xếp đồng mức ở phía bên trái và bên phải của hình tròn có tâm tại điểm x_0 tương ứng:

$$n_1 = \frac{(x_0 - R)}{t}; \quad n_2 = \frac{L - x_0 - R}{t}$$

Tổng số hình tròn được bố trí ở mức bất kỳ sẽ là:

$$n_r = n_1 + n_2 + 1 = \left[\frac{x_0 - R}{t} \right] + \left[\frac{L - x_0 - R}{t} \right] + 1$$

Khi $x_0 = R$ hình tròn đầu tiên sẽ tiếp xúc với mép bên trái của tấm, mức của hàng có vòng tròn này sẽ được ký hiệu bằng chữ r . Khi đó ta có:

$$n_r = \left[\frac{0}{t} \right] + \left[\frac{L - 2R}{t} \right] + 1$$

Nếu dịch chuyển xuống phía dưới $(r - 1)$ thì tâm của vòng tròn đầu tiên dịch chuyển một đoạn $t_1 = C_4E_4 = 2R \cos \alpha$ (xem tam giác $C_4E_4C_5$). Nếu dịch chuyển lên phía trên một mức $(r + 1)$ thì tâm của vòng tròn đầu tiên sẽ dịch chuyển một đoạn:

$$t_2 = C_4E_2 = t - t_1 = \frac{2R}{\sin \alpha} - 2R \cos \alpha$$

Tương ứng ta có số hình tròn ở mức $(r - 1)$ và $(r + 1)$ sẽ là:

$$n_{r-1} = \left[\frac{it_1}{t} \right] + \left[\frac{L - it_1 - 2R}{t} \right] + 1$$

$$n_{r+1} = \left[\frac{it_2}{t} \right] + \left[\frac{L - it_2 - 2R}{t} \right] + 1$$

3) Tổng số hình tròn được sắp xếp trên tấm với điều kiện sự tiếp xúc của một trong số các vòng tròn này với mép của tấm ở mức r được xác định sau khi lấy tổng của i từ 0 đến r và từ 1 đến $n - r$:

$$n_r = \sum_{i=0}^r \left[\frac{it_1}{t} + \frac{L - it_1 - 2R}{t} \right] + \sum_{i=1}^{n-r} \left[\frac{it_2}{t} + \frac{L - it_2 - 2R}{t} \right] + m$$

Việc tính toán các thông số xếp hình sẽ được máy tính thực hiện một cách tuần tự đối với mỗi loại kích thước khác nhau của tấm. Phương án xếp hình tốt nhất sẽ được xác định và sẽ cho ta kết quả số phôi lớn nhất trong tấm khi xếp hình nghiêng, hệ số K_S và góc nghiêng α của dải.

Khi xếp hình chi tiết (phôi) có hình dạng chữ nhật trên tấm có thể có 3 dạng chính: xếp dọc tấm, xếp ngang tấm và xếp hỗn hợp. Sau khi cắt tấm thành dải, chúng ta sẽ bố trí phôi trên dải. Với kích thước của phôi không đổi, chúng ta cho các thông số thay đổi như: kích thước tấm, kiểu xếp hình phôi trên dải và kiểu xếp dải trên tấm. Với kiểu xếp hình dải trên tấm theo chiều dọc và ngang tấm (như trên hình 2.42a, b) ta có:

Số chi tiết trên tấm khi xếp dải theo chiều dọc tấm sẽ là:

$$n_1 = \frac{H}{A} \cdot \frac{B}{D}$$

và khi xếp theo chiều ngang tấm:

$$n_2 = \frac{B}{A} \cdot \frac{H}{D}$$

Khi xếp hỗn hợp một số dải sẽ được xếp theo chiều dọc và một số dải sẽ xếp theo chiều ngang (hình 2.42c). Việc xếp hình hỗn hợp được thực hiện bằng cách điền đầy tốt nhất các cạnh tấm. Để thực hiện được điều đó cần phải có sự phối hợp các kích thước của phôi A và D mà với các kích thước đó chiều rộng của các dải phế liệu C và I là nhỏ nhất. Nếu cũng sử dụng nguyên tắc này để bố trí phôi chúng ta sẽ tìm được mật độ lớn nhất khi sắp xếp chúng trên phần khác của tấm M, N, P, Q (hình 2.42c). Khi xếp hỗn hợp, tổng số phôi trên tấm được xác định theo công thức:

$$K = [MC] + [IP] + [QN]$$

trong đó: $M = \frac{B - N \cdot D}{A}$ là số dải theo chiều ngang;

$C = \frac{H - I \cdot A}{D}$ là số phôi trên mỗi dải theo chiều ngang;

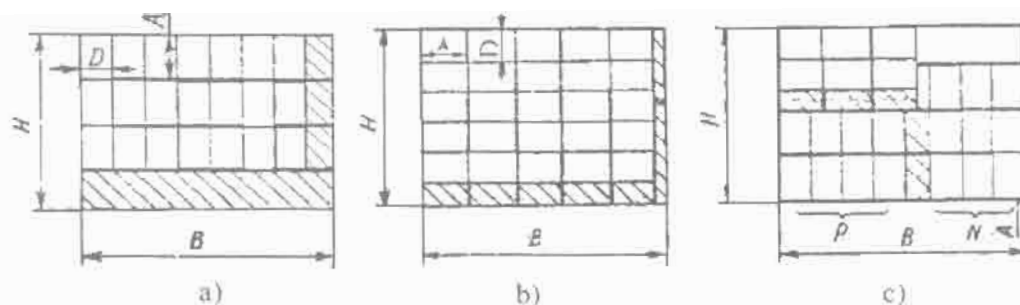
$0 \leq I \leq \frac{H}{A}$ là số dải theo chiều dọc;

$P = \frac{B - N \cdot D}{D}$ là số phôi trên mỗi dải theo chiều dọc;

$Q = \frac{H}{A}$ là số dải bổ sung lớn nhất theo chiều dọc;

$0 \leq N \leq \frac{B}{A}$ số phôi trên mỗi dải bổ sung;

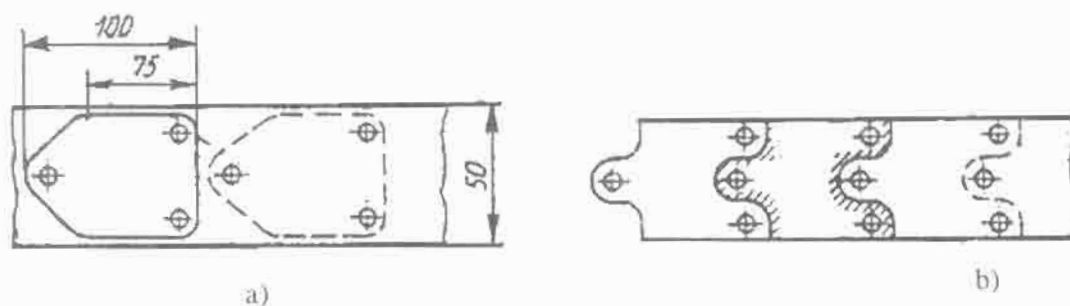
A và D là chiều dài và chiều rộng của phôi.



Hình 2.42. Xếp hình trên tấm chi tiết (phôi) hình chữ nhật.

Chúng ta có thể dễ dàng nhận thấy rằng: để có thể nâng cao hiệu quả của việc xếp hình cần nâng cao tính công nghệ của đường bao chi tiết dập.

Trong nhiều trường hợp có thể thay đổi hình dạng của chi tiết mà không ảnh hưởng đến điều kiện sử dụng chúng, không ảnh hưởng đến độ bền, độ cứng mà lại tiết kiệm kim loại hơn khi xếp hình. Ví dụ: có thể sửa đổi đường bao của chi tiết như ở phương án (a) thành phương án (b) (hình 2.43) thì hệ số sử dụng vật liệu tăng 13%.



Hình 2.43. Phương án sửa đổi đường bao chi tiết:

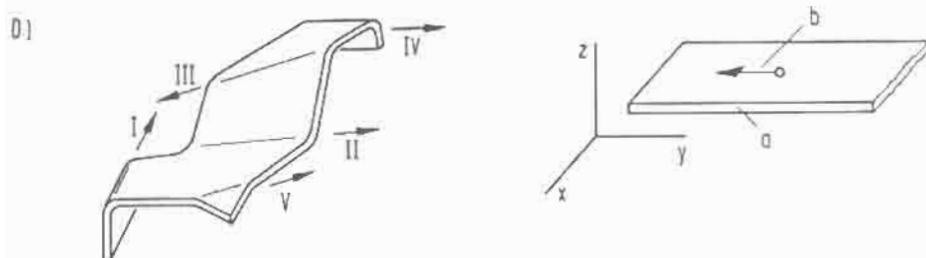
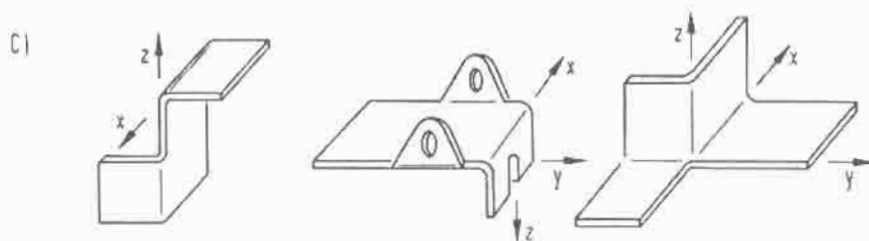
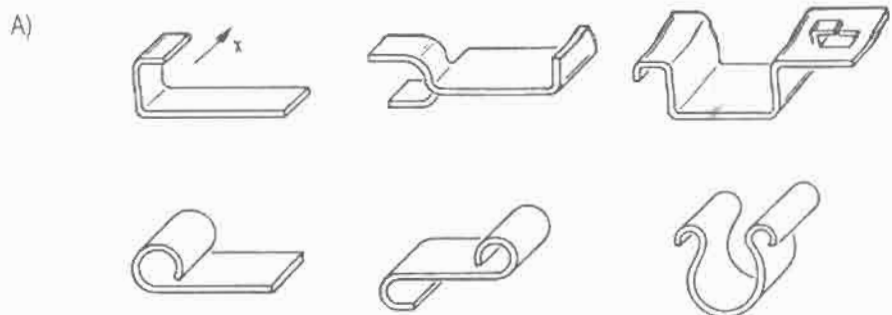
Phương án: (a) có $K_S = 85\%$; (b) $K_S = 98\%$.

Chương 3 NGUYÊN CÔNG UỐN

3.1. SỰ PHÂN BỐ ỨNG SUẤT VÀ BIẾN DẠNG THEO CHIỀU DÀY CỦA PHÔI UỐN

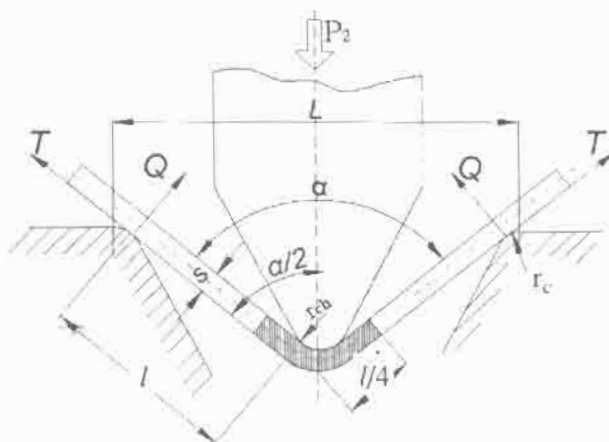
Uốn là một nguyên công nhằm biến đổi các phôi có trục thẳng thành các chi tiết có trục cong.

Ví dụ:



Nguyên công uốn được thực hiện trên các máy ép trục khuỷu, máy ép thủy lực, máy uốn tấm nhiều trục (máy lóc tấm), máy uốn profile chuyên dùng để uốn có kéo và các máy uốn tự động vạ năng.

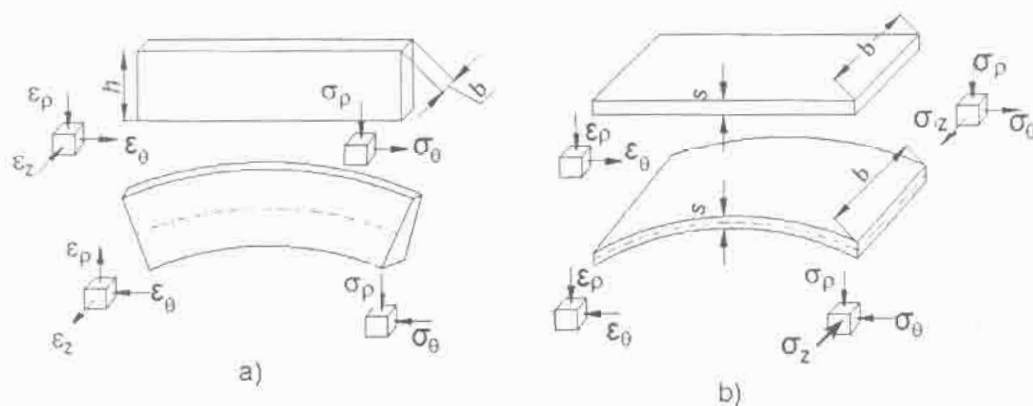
Uốn bằng khuôn trên các máy ép trục khuỷu được sử dụng nhiều nhất trong chế tạo máy. Quá trình uốn trên khuôn do tác dụng đồng thời của cả chày và cối với các điểm đặt lực P và Q ở một khoảng nhất định (hình 3.1).



Hình 3.1. Sơ đồ tác dụng lực khi uốn.

Lực P và Q sẽ tạo ra mômen uốn làm thay đổi hình dạng của phôi. Trong quá trình uốn độ cong của phần phôi bị biến dạng sẽ tăng lên và tại vùng biến dạng xảy ra quá trình biến dạng khác nhau ở hai phía của phôi; các lớp kim loại ở phía mặt ngoài góc uốn thì bị kéo còn các lớp bên trong thì bị nén. Khi giảm bán kính uốn, biến dạng dẻo sẽ bao trùm toàn bộ chiều dày phôi. Hình dạng của vùng biến dạng dẻo và độ dài của nó khi góc uốn $\alpha = 90^\circ$ gần bằng $1/4$ tay đòn uốn l được chỉ ra như trên hình 3.1.

Sau khi uốn hình dạng và kích thước tiết diện ngang của phôi tại vùng uốn bị thay đổi. Sự thay đổi tiết diện ngang của phôi sẽ càng lớn khi bán kính uốn r càng nhỏ.



Hình 3.2. Sơ đồ uốn phôi dài hẹp và dài rộng.

Sự thay đổi tiết diện ngang tại vùng uốn là do biến dạng dẻo theo bán kính chày với điều kiện thể tích không đổi đã kéo theo biến dạng dẻo ngược dấu theo một hoặc hai hướng tương ứng vuông góc: hướng kính và hướng trục.

Khi uốn các phôi dải hẹp (dạng gân) có tiết diện ngang hình chữ nhật thì sau khi uốn tiết diện ngang của phôi tại vùng uốn sẽ bị biến dạng và trở thành hình thang (hình 3.2a). Khi đó chiều dày của phôi tại vùng uốn giảm đi $S < S_0$ và khi mức độ biến dạng lớn (bán kính uốn nhỏ) tiết diện ngang của phôi tại vùng uốn có độ cong ngang.

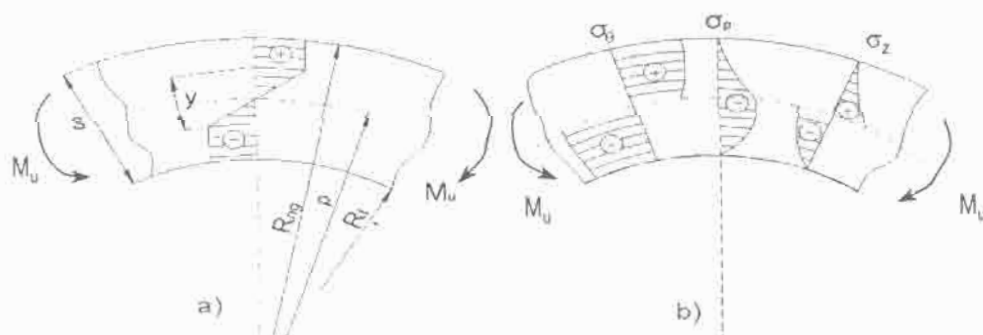
Khi uốn phôi dải rộng ($b \gg 3S$) hoặc có dạng tấm thì tiết diện ngang của phôi hầu như không thay đổi mà chỉ bị giảm chiều dày đi một chút (hình 3.2b).

Trạng thái ứng suất tại vùng uốn đặc trưng bởi ứng suất pháp σ_θ theo hướng tiếp tuyến và σ_ρ theo hướng kính. Ứng suất σ_ρ là do các thớ dọc của phôi ép lên nhau. Ngoài ra khi uốn các phôi rộng còn có thành phần ứng suất σ_z theo hướng trục. Sự xuất hiện thành phần ứng suất này là do biến dạng đàn hồi của các phần tử của phôi (theo chiều rộng) nằm cách mép của phôi một khoảng nào đó (hình 3.2b).

Khi uốn phôi dải rộng (khác với uốn phôi dải hẹp) biến dạng theo phương ngang hầu như không đáng kể do trở lực biến dạng theo phương ngang rất lớn. Vì vậy khi uốn phôi dải rộng trạng thái ứng suất là khối còn trạng thái biến dạng là phẳng. Khi uốn phôi dải rộng có thêm thành phần ứng suất σ_z là do trở lực liên kết của các phần tử kim loại. Trong vùng kéo, ứng suất chiều trục σ_z là ứng suất kéo, còn ở vùng nén σ_z là ứng suất nén. Bề mặt phân chia giữa vùng kéo và vùng nén gọi là mặt trung hòa ứng suất.

Khi uốn phôi dải hẹp, ứng suất chiều trục rất nhỏ so với ứng suất chày nên có thể bỏ qua ($\sigma_z \approx 0$). Vì vậy uốn phôi dải hẹp, trạng thái ứng suất có thể coi là trạng thái ứng suất phẳng.

Giá trị và sự phân bố ứng suất trong vùng biến dạng dẻo tùy thuộc vào bán kính cong của phôi uốn. Ở giai đoạn đầu bán kính cong của phôi lớn, phôi chỉ bị biến dạng đàn hồi và giai đoạn này gọi là uốn đàn hồi. Quá trình uốn đàn hồi đã được nghiên cứu khá tỉ mỉ và đầy đủ trong các giáo trình Sức bền vật liệu.

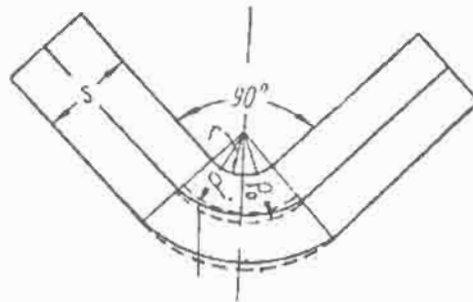


Hình 3.3. Biểu đồ phân bố ứng suất theo chiều dày của phôi ở các giai đoạn:
a- uốn đàn hồi dẻo; b- uốn dẻo hoàn toàn; c- lớp trung hòa biến dạng.

Nếu chúng ta tiếp tục uốn, bán kính uốn giảm dần, các lớp kim loại ở xa tâm phôi bắt đầu bị biến dạng dẻo. Khi đó ứng suất tiếp tuyến σ_θ trong các lớp này đạt đến giá trị ứng suất chảy. Giai đoạn này được gọi là giai đoạn uốn đàn hồi dẻo. Biểu đồ phân bố ứng suất σ_θ được biểu diễn trên hình 3.3a.

Nếu tiếp tục giảm bán kính uốn thì vùng biến dạng dẻo sẽ tăng lên còn vùng biến dạng đàn hồi giảm đi và khi tỷ số $r/S \leq 5$ thì hầu như toàn bộ tiết diện ngang của phôi ở trạng thái dẻo, bắt đầu giai đoạn uốn dẻo hoàn toàn. Ở giai đoạn này xảy ra sự dịch chuyển rõ rệt của lớp bề mặt trung hoà ứng suất về phía các thớ bị nén của phôi, sự dịch chuyển này sẽ tăng lên khi bán kính uốn giảm. Biểu đồ phân bố ứng suất σ_θ , σ_p và σ_z theo chiều dày của phôi ở giai đoạn uốn dẻo hoàn toàn được chỉ ra trên hình 3.3b.

Ở giai đoạn uốn dẻo hoàn toàn do có sự dịch chuyển của lớp trung hoà ứng suất, nên ở vùng biến dạng sẽ tồn tại một vùng biến dạng không đơn điệu. Nghĩa là có những lớp kim loại ở thời điểm trước đó thuộc vùng nén, nhưng sau đó lại chịu kéo. Giữa các lớp này sẽ tồn tại một lớp mà biến dạng nén trước đó sẽ bằng biến dạng kéo tại thời điểm đang xét và bề mặt trùng với lớp này được gọi là mặt trung hoà biến dạng (hay lớp trung hoà biến dạng). Đặc điểm của lớp trung hoà biến dạng là có độ dài bằng độ dài của phôi ban đầu, vì vậy nó là cơ sở tốt nhất để xác định độ dài của phôi khi uốn. (hình 3.3c).



Hình 3.3c. Vị trí của lớp trung hoà biến dạng.

Bán kính cong của lớp trung hoà được xác định tuỳ thuộc vào mức độ biến dạng và loại vật liệu khi uốn. Những đặc trưng về năng lượng khi uốn (mômen uốn, lực biến dạng) cũng như biến dạng đàn hồi của phôi (xuất hiện sau khi bỏ tải trọng) được xác định một cách gần đúng với một giai đoạn nhất định của quá trình uốn có liên quan đến mức độ thay đổi bán kính uốn: trạng thái ứng suất biến dạng của ổ biến dạng, trị số ứng suất và bán kính cong của mặt trung hoà.

3.2. KÍCH THƯỚC CỦA PHÔI KHI UỐN

Độ dài của phôi khi uốn tại một góc uốn được xác định trên cơ sở cân bằng với độ dài của lớp trung hoà biến dạng. Do vậy đối với một chi tiết uốn, độ dài của phôi sẽ bao gồm:

tổng độ dài của các phần cạnh thẳng và tổng độ dài của các phần cung cong là các bán kính cong của lớp trung hoà biến dạng tại các góc uốn.

$$L_{\text{phôi}} = L_{\text{thẳng}} + L_{\text{cong}} = \sum_{i=1}^{n+1} l_i + \sum_{i=1}^n \frac{\pi \alpha_i}{180} \rho_{\text{bđi}} \quad (3-1)$$

trong đó:

l_i - độ dài của các phần cạnh thẳng;

n - số góc uốn;

α_i - trị số các góc uốn;

$\rho_{\text{bđi}}$ - bán kính cong của lớp trung hoà biến dạng tại các góc uốn.

Như vậy muốn xác định được độ dài của phôi cần phải xác định được vị trí của lớp trung hoà biến dạng, bán kính cong và độ dài của lớp trung hoà biến dạng tại một góc uốn.

Ở giai đoạn uốn đàn hồi dẻo và ngay cả khi uốn dẻo thuần túy phẳng với bán kính uốn tương đối lớn thì lớp trung hoà biến dạng sẽ đi qua trọng tâm tiết diện ngang của phôi. Nếu tiết diện ngang của phôi là hình chữ nhật với chiều dày S thì:

$$\rho_{\text{bđ}} = r + S/2$$

trong đó: r là bán kính uốn.

Ở giai đoạn uốn dẻo hoàn toàn, trạng thái biến dạng khối với bán kính uốn nhỏ, do có sự dịch chuyển lớp trung hoà ứng suất về phía tâm uốn nên lớp trung hoà biến dạng sẽ dịch chuyển về các thớ nén mà không đi qua trọng tâm tiết diện ngang của phôi. Sự dịch chuyển này sẽ càng nhiều khi bán kính uốn càng nhỏ.

Bán kính cong của lớp trung hoà ứng suất có thể được xác định từ điều kiện cân bằng với bán kính cong lớn nhất của lớp kim loại chịu nén:

$$\rho_{\text{us}} = \sqrt{R \cdot r} = \sqrt{(r + S) \cdot r} \quad (3-2)$$

trong đó:

ρ_{us} - bán kính cong của lớp trung hoà ứng suất;

R, r - bán kính ngoài và bán kính trong của phôi tại góc uốn.

Khi uốn phôi ở trạng thái nguội sẽ có sự hoá bền nhưng điều đó không ảnh hưởng đến trị số của ρ_{us} .

Công thức (3-2) có thể sử dụng để xác định bán kính cong của lớp trung hoà biến dạng. Theo công thức (3-2) nếu $r = S$ thì $\rho_{\text{us}} = 1,4S$ còn khi $r = 5S$ thì $\rho_{\text{us}} = 5,5S$. Như vậy khi $r = S$ lớp trung hoà ứng suất dịch chuyển so với mặt trung bình một khoảng $0,1S$. Còn khi $r = 5S$ thì lớp trung hoà ứng suất trùng với bề mặt trung bình của phôi.

Bán kính cong của mặt trung hoà biến dạng có thể được xác định bởi một hệ số x , giá trị của nó phụ thuộc vào bán kính cong tương đối r/S , khi r/S càng lớn thì trị số x càng lớn. Với $r/S = 0,1$ thì $x = 0,3$ còn với $r/S = 5$ thì $x = 0,5$. Như vậy ứng với mỗi giá trị của x ta có

thể xác định được bán kính cong của lớp trung hoà biến dạng:

$$\rho_{bd} = r + x.S \quad (3-3)$$

Chúng ta có thể thấy rằng: khi giảm các bán kính uốn r vị trí lớp trung hoà biến dạng sẽ dịch chuyển về phía các thớ bị nén, lớp trung hoà biến dạng sẽ trùng với mặt trung bình khi $r \geq 5S$ vì khi đó $x = 0,5$.

Như vậy khi biết được vị trí lớp trung hoà biến dạng chúng ta có thể xác định được độ dài của nó và do đó xác định được độ dài của phôi uốn (công thức (3-1)).

Sự thay đổi kích thước và hình dạng của tiết diện ngang tại vùng uốn:

- Khi uốn phôi dải hẹp có tiết diện ngang ban đầu là hình chữ nhật với bán kính nhỏ (mức độ biến dạng lớn) tại vùng uốn tiết diện ngang của phôi bị thay đổi đáng kể, sau khi uốn tiết diện ngang của phôi trở thành hình thang và có độ cong ngang. Chiều rộng của phôi tại tiết diện bất kỳ ở bán kính ρ được xác định theo công thức:

* Tại vùng kéo:

$$b_{\rho}^k = b \left(\frac{\rho_{us}}{\rho} \right)^{\frac{1}{2(2-\rho/R)}} \quad (3-4)$$

* Tại vùng nén:

$$b_{\rho}^n = b \left(\frac{\rho_{us}}{\rho} \right)^{\frac{3}{2\sqrt{r/\rho}} - 1} \quad (3-5)$$

$$\text{Khi } \rho = R \text{ thì } b_{min} = b\sqrt{\rho_{us}/R} \quad (3-5a)$$

$$\text{Khi } \rho = r \text{ thì } b_{max} = b\sqrt{\rho_{us}/r} \quad (3-5b)$$

$$\text{Khi } \rho = \rho_{us} \text{ ta có: } b_{\rho} = b.$$

- Khi uốn phôi dải rộng tiết diện ngang của phôi tại vùng uốn thay đổi không đáng kể và chủ yếu chỉ bị giảm chiều dày S . Sự biến mỏng của chiều dày S tại vùng uốn có thể được xác định gần đúng theo công thức:

$$\Delta S = S - S_{bd} = \frac{S^3}{4(2r - S)^2} \quad (3-6)$$

Theo công thức (3-6) người ta thấy rằng, sự biến mỏng rất rõ ràng khi bán kính uốn nhỏ. Ví dụ khi $r = 2S$ thì giá trị $\Delta S \approx 1\%$ chiều dày phôi.

Chiều dày của phôi sau khi uốn tại vùng biến dạng dẹt có thể được xác định trên cơ sở các số liệu thực nghiệm:

$$S_{b.mỏng} = \eta.S \quad (3-7)$$

trong đó:

η - hệ số giảm chiều dày;

S - chiều dày ban đầu của phôi (trước khi uốn).

Khi uốn dải với góc uốn $\alpha = 90^\circ$ bằng thép 10 và 20 người ta thấy giá trị của hệ số η thay đổi tùy theo bán kính uốn tương đối r/S :

- Khi $r/S = 0,1$ thì $\eta = 0,82$;
- Khi $r/S = 4,0$ thì $\eta = 0,99$.

Từ những số liệu đã đưa ra, người ta thấy rằng khi bán kính tương đối $r/S > 4$ thì sự giảm chiều dày phôi hầu như không có, điều đó hoàn toàn phù hợp với các số liệu tính toán theo lý thuyết.

3.3. LỰC UỐN VÀ MÔMEN UỐN

Mômen cần thiết để uốn phôi được xác định bằng tổng mômen sinh ra tại vùng kéo và vùng nén do các ứng suất tiếp σ_θ đối với tâm uốn (hình 3.4).

$$M = M^{\text{kéo}} + M^{\text{nén}} = b \int_{\rho_{us}}^R \sigma_\theta^k \rho \cdot d\rho + b \int_r^{\rho_{us}} (-\sigma_\theta^n) \rho \cdot d\rho \quad (3-8)$$

Nếu giả thiết rằng ở giai đoạn uốn dẻo hoàn toàn với phôi dải rộng, ứng suất σ_θ tại vùng kéo và vùng nén không đổi trên toàn bộ chiều dày của nó và tương ứng bằng:

$$\begin{aligned} \sigma_\theta^k &= \beta \cdot \sigma_S \\ -\sigma_\theta^n &= \beta \cdot \sigma_S \end{aligned}$$

Còn mặt trung hoà ứng suất trùng với bề mặt trung bình của phôi và do đó:

$$\rho_{us} = r + 0,5S = 0,5(R + r)$$

Khi đó mômen uốn sẽ là:

$$M = \beta \cdot b \int_{\rho_{us}}^R \sigma_S \rho \cdot d\rho + \beta b \int_r^{\rho_{us}} (-\sigma_S) \rho \cdot d\rho = \frac{\beta \cdot \sigma_S \cdot b \cdot S^2}{4} = 1,5 \cdot \beta \cdot W \cdot \sigma_S \quad (3-9)$$

trong đó:

W - mômen chống uốn của tiết diện ngang của phôi;

$\beta = 1 \div 1,15$ hệ số thay đổi tính đến sự ảnh hưởng của ứng suất trung bình đến bước chuyển quy ước của kim loại ở trạng thái dẻo, hệ số này đạt được trị số lớn nhất ở trạng thái biến dạng phẳng (hệ số loga).

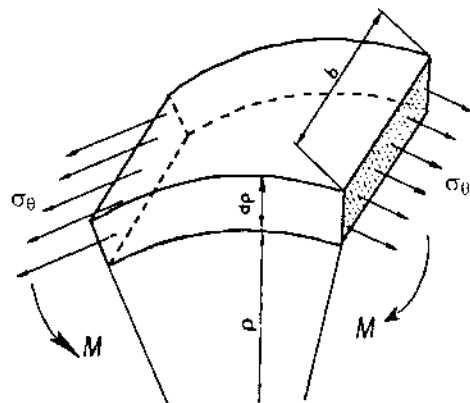
Ở giai đoạn uốn dẻo hoàn toàn với trạng thái biến dạng khối thì ứng suất σ_θ thay đổi trên chiều dày của phôi và bề mặt trung hoà ứng suất dịch chuyển về các thớ nén. Tuy nhiên mômen vẫn không đổi và được xác định theo công thức (3-9). Do vậy, trạng thái ứng suất tại ổ biến dạng khi uốn cũng như vị trí của lớp trung hoà ứng suất, không ảnh hưởng đến giá trị của mômen uốn.

Khi uốn dẻo hoàn toàn với trạng thái biến dạng khối, xảy ra sự giảm chiều dày phôi tại vùng biến dạng, điều đó dẫn đến làm giảm trị số mômen uốn. Mức độ giảm sẽ càng nhiều

khi bán kính uốn càng nhỏ. Nếu $r = S$ thì mômen uốn sẽ giảm khoảng $\approx 10\%$.

Ở giai đoạn uốn đàn hồi - dẻo (hình 3.3a) khi vùng biến dạng đàn hồi đáng kể (có tính khả ước) so với vùng biến dạng dẻo thì mômen uốn được xác định bằng tổng mômen tác dụng tại vùng đàn hồi và vùng dẻo:

$$\begin{aligned} M &= M_{\text{đ/hồi}} + M_{\text{dẻo}} = \\ &= \frac{b \cdot y^2}{6} \beta \cdot \sigma_s + \frac{b}{4} (S^2 - y^2) \beta \cdot \sigma_s \\ &= \frac{b \cdot S^2}{12} \beta \cdot \sigma_s \left[3 - \left(\frac{y}{S} \right)^2 \right] \end{aligned} \quad (3-10)$$



Hình 3.4. Sơ đồ xác định mômen uốn.

trong đó: y - chiều rộng vùng biến dạng đàn hồi.

Trong công thức trên, nếu $y = S$ thì nó sẽ trở thành công thức để xác định mômen uốn đối với giai đoạn uốn đàn hồi:

$$M = \beta \cdot \sigma_s \frac{b \cdot S^2}{6}$$

Nếu $y = 0$ thì nó sẽ trở thành công thức để xác định mômen uốn khi uốn dẻo hoàn toàn (công thức (3-9)).

Công thức để xác định mômen uốn khi uốn dẻo hoàn toàn với trạng thái biến dạng khối, nếu tính đến sự hoá bền của vật liệu khi sử dụng đường gần đúng của đồ thị hoá bền ta có:

$$M = \beta \cdot b \left[\sigma_s \left(\frac{R-r}{2} \right)^2 \right] + \Pi \left(\frac{R^2 - r^2}{4} \ln \sqrt{\frac{R}{r}} - \frac{R^2 - r^2}{8} \right) \quad (3-11)$$

trong đó: Π - môđun hoá bền.

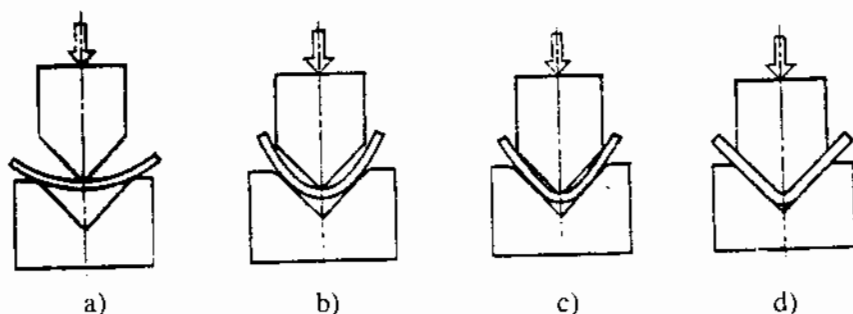
Nếu $\Pi = 0$ thì công thức (3-11) sẽ trở thành công thức (3-9) khi uốn vật liệu không hoá bền.

3.3.1. Lực uốn khi uốn một góc

Vấn đề xác định lực uốn cần thiết để uốn chi tiết một góc uốn bằng khuôn là một vấn đề rất khó khăn, do đó chỉ có thể xác định một cách gần đúng. Sở dĩ như vậy là do lực uốn phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như:

- Hình dạng và kích thước tiết diện ngang của phôi;
- Tính chất cơ học của vật liệu; khoảng cách giữa các gối tựa;
- Bán kính cong của chày uốn và mép làm việc của cối uốn;
- Điều kiện ma sát tiếp xúc giữa phôi và dụng cụ v.v...

Ngoài ra lực uốn cần thiết để uốn phôi trong khuôn uốn một góc còn phụ thuộc vào mức độ tiếp xúc giữa phôi uốn với chày và cối. Tùy theo mức độ tiếp xúc giữa phôi uốn với chày và cối người ta chia quá trình uốn thành các giai đoạn riêng biệt. Đầu tiên là giai đoạn uốn tự do từ lúc bắt đầu uốn khi phôi tiếp xúc với dụng cụ chỉ ở 3 điểm (hình 3.5a) cho đến khi sự tiếp xúc của phôi nằm trong khe hở hình chữ nhật giữa chày và cối (hình 3.5b). Ở giai đoạn uốn tự do này bán kính cong của phôi uốn lớn hơn bán kính cong của chày.



Hình 3.5. Các giai đoạn của quá trình uốn trong khuôn.

Sau đó tiếp tục giảm bán kính uốn ở vùng tâm phôi, các cánh uốn lúi sâu vào trong rãnh cối và xoay quanh gối tựa trong các bề mặt bên của chày (hình 3.5c). Điều này chỉ xảy ra khi bán kính cong của chày nhỏ hơn bán kính uốn tự do của phôi. Bán kính uốn tự do của phôi phụ thuộc vào loại vật liệu và khoảng cách giữa các gối tựa của góc uốn. Ví dụ khi $\alpha = 90^\circ$ và $L = 10S$, bán kính uốn tự do của phôi bằng thép các bon thấp là $r = 1,6S$

Khi chày tiếp tục đi xuống xảy ra quá trình uốn lại (nắn) các cánh của phôi cùng với việc giảm bán kính uốn ở vùng tâm phôi. Giai đoạn này sẽ kết thúc khi phôi tiếp xúc hoàn toàn với chày và cối trên tất cả các phần của bề mặt tiếp xúc (hình 3.5d).

Do thực tế rất khó xác định được thời điểm tiếp xúc hoàn toàn giữa phôi và dụng cụ nên quá trình uốn trong khuôn được kết thúc thường có một lực bổ sung nhằm để nắn và tinh chỉnh phần phôi đã được uốn.

Trong thực tế cần xác định lực uốn ở giai đoạn đầu và giai đoạn kết thúc quá trình uốn.

Lực biến dạng ở giai đoạn đầu của quá trình uốn có thể xác định một cách gần đúng bằng phương pháp cân bằng tĩnh. Vì ở giai đoạn này khoảng cách giữa các gối tựa của phôi uốn lớn ($L > 5S$) nên ảnh hưởng của ứng suất tiếp là không đáng kể. Nếu gọi phản lực ở các gối tựa là Q (hình 3.1) và coi lực ma sát T xuất hiện là do sự quay của phôi uốn đối với điểm tựa và tỷ lệ với phản lực gối tựa: $T = \mu \cdot Q$ thì khi chiếu tất cả các lực lên phương tác dụng của lực uốn P_u chúng ta có phương trình sau:

$$P_u = 2Q \cdot \left(\sin \frac{\alpha}{2} + \mu \cos \frac{\alpha}{2} \right) \quad (3-12)$$

trong đó: $\alpha/2$ là góc giữa tiếp tuyến tại điểm tựa và phương tác dụng của lực uốn P_u (hình 3.1).

Phản lực gối tựa Q được xác định từ điều kiện cân bằng mômen tạo ra bởi phản lực Q với cánh tay đòn l và mômen giới hạn khi uốn dẻo không tính đến hoá bền:

$$Q = \frac{b.S^2}{4l} \sigma_s \quad (3-13)$$

Độ dài của cánh tay đòn l bằng khoảng cách giữa phương tác dụng của lực Q và pháp tuyến qua tâm bán kính lượn của chày, nó được xác định từ quan hệ hình học (hình 3.1):

$$l = \left[\frac{L}{2} - (r_{ch} + r_c + S) \cos \frac{\alpha}{2} \right] \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (3-14)$$

trong đó: L là khoảng cách giữa các tâm bán kính lượn của mép cối.

Nếu gọi $r_1 = r_{ch} + S/2$ và $r_2 = r_c + S/2$ thay vào (3-14) ta có:

$$l = \left[\frac{L}{2} - (r_1 + r_2) \cos \frac{\alpha}{2} \right] \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \quad (3-14a)$$

Từ các công thức (3-12), (3-13) và (3-14a) chúng ta có lực uốn ở giai đoạn đầu (giai đoạn uốn tự do) như sau:

$$P_u = \frac{\sigma_s b.S^2 \left(\sin \frac{\alpha}{2} + \mu \cos \frac{\alpha}{2} \right) \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{L - 2(r_1 + r_2) \cos \frac{\alpha}{2}} \quad (3-15)$$

Từ công thức (3-15) chúng ta thấy rằng lực uốn thay đổi theo hành trình của chày. Khi hành trình của chày thay đổi góc $\alpha/2$ cũng thay đổi và do đó thay đổi cả cánh tay đòn l .

Nếu bỏ qua ảnh hưởng của lực ma sát ($\mu = 0$) thì có thể thấy rằng khi $r_{ch} = r_c = r$ thì lực uốn cực đại khi:

$$\cos \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{4r} \left(L - \sqrt{L^2 - 16r^2} \right) \quad (3-16)$$

Như vậy theo công thức trên người ta thấy rằng khi khoảng cách tương đối giữa các gối tựa (L/r) càng lớn thì lực uốn đạt giá trị cực đại với góc uốn α càng lớn và sau đó hầu như không đổi.

Ví dụ: Khi $L/r = 10$ thì $\alpha/2 = 78^\circ$;

Khi $L/r = 100$ thì $\alpha/2 = 89^\circ$.

Ở giai đoạn kết thúc của quá trình uốn thường có quá trình nắn mà quá trình này cần có lực lớn hơn nhiều so với các giai đoạn trước đó. Nhiều tài liệu đã đưa ra các công thức xác định lực khi uốn có nắn, tuy nhiên kết quả tính toán theo công thức này đã dẫn đến những sai lệch lớn bởi vì chúng được đưa ra không dựa trên những tài liệu chuẩn thống nhất.

Theo những công thức này chỉ có thể xác định được giới hạn trên của lực nắn, còn về độ chính xác tính toán theo những công thức khác nhau là rất khó phân xử.

Những tài liệu để xác định lực nắn của B. V. Rabinhin đã xác định rằng: lực nắn phụ thuộc vào độ chính xác của góc uốn chi tiết sau khi uốn có nắn. Theo quan điểm này lực nắn sẽ đạt đến giá trị tối hạn khi nếu tiếp tục tăng lực nắn thì độ chính xác của góc uốn chi tiết không tăng lên nữa, tức là độ biến dạng đàn hồi của chi tiết giảm đi.

Những thí nghiệm được thực hiện với những phôi thép có bán kính uốn tương đối khác nhau đã chỉ ra rằng: lực nắn trên các phần cánh uốn lớn hơn lực uốn ở giai đoạn uốn tự do.

Chẳng hạn: - Khi $r/S < 1$, lực nắn lớn hơn $50 \div 60$ lần lực uốn;

- Khi $r/S = 5 \div 10$, lực nắn lớn hơn $30 \div 40$ lần lực uốn.

Như vậy lực nắn phụ thuộc vào lực uốn ở giai đoạn uốn tự do:

$$P_{\text{nắn}} = kP_u \quad (3-17)$$

trong đó: k - hệ số (số lần lực nắn lớn hơn lực uốn).

Khi tính gần đúng (thường lớn hơn so với thực tế) lực nắn được xác định bằng tích số giữa áp lực đơn vị q (được xác định bằng thực nghiệm) với diện tích hình chiếu của bề mặt tiếp xúc giữa phôi và dụng cụ lên phương vuông góc với lực tác dụng (phương chuyển động của chày):

$$P_{\text{nắn}} \approx q \cdot F_{\text{h.chiêu}} \quad (3-18)$$

trong đó: q - áp lực đơn vị tùy thuộc vào chiều dày của phôi, đối với thép 25 và 35 thì

$q = 30 \div 100$ MPa (nếu chiều dày phôi càng lớn thì q càng lớn);

$F_{\text{h.chiêu}}$ - diện tích hình chiếu của bề mặt tiếp xúc giữa phôi uốn và dụng cụ lên phương vuông góc với hướng chuyển động của chày.

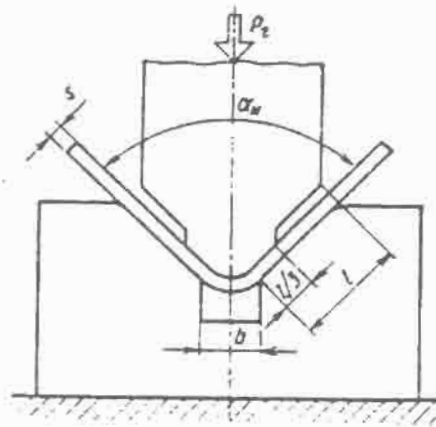
Khuôn để uốn một góc có đặc điểm là chày thường được làm bạc còn cối được phay một rãnh ở đỉnh góc. Độ dài phần tiếp xúc của chày thường lấy $\approx 1/3$ chiều dài của cánh uốn và chiều rộng của rãnh cối:

$$b = 2(r + S) \cos \frac{\alpha}{2}$$

Khi đó quá trình nắn chỉ được thực hiện ở phần phôi đã bị biến dạng dẻo (hình 3.6) và lực nắn sẽ giảm.

Khi khoảng cách giữa các gối tựa nhỏ, ở giai đoạn đầu của quá trình uốn có thể xuất hiện các vết lõm trên bề mặt của phôi tiếp xúc với cối. Điều đó là do khi giảm khoảng cách L của cối làm cho phản lực Q ở gối tựa tăng lên. Chúng ta có thể nhận thấy điều này khi phân tích công thức nhận được từ điều kiện cân bằng mômen nội lực và ngoại lực với việc sử dụng các công thức (3-13) và (3-14a).

$$Q = \frac{\sigma_s b \cdot S^2 \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \left[L - 2(r_1 + r_2) \cos \frac{\alpha}{2} \right]} \quad (3-19)$$



Hình 3.6. Đặc điểm kết cấu của khuôn uốn một góc.

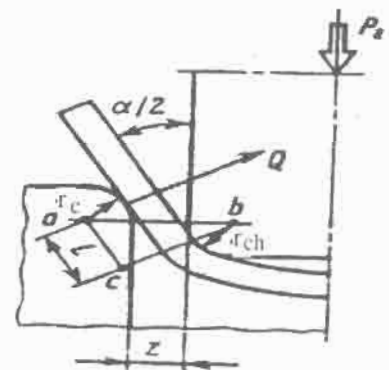
Do đó khoảng cách L của rãnh cối cần phải lớn hơn trị số tính toán gần đúng theo công thức của V. S. Smirnop đối với phôi dải có tiết diện ngang hình chữ nhật và chiều rộng $b = 1$ đơn vị:

$$L \geq \frac{E \cdot S^2 \sin \frac{\alpha}{2}}{10 \sigma_s r_c} + 2(r_1 + r_2) \cos \frac{\alpha}{2} \quad (3-20)$$

trong đó: E là môđun đàn hồi của vật liệu làm phôi uốn.

3.3.2. Lực biến dạng khi uốn hai góc

Để nhận được các chi tiết có dạng chữ U hoặc tương tự sau một nguyên công với các tiết diện ngang khác nhau thì phôi thường được uốn đồng thời 2 góc uốn. Đặc điểm của quá trình uốn hai góc là giữa các mặt bên thẳng đứng của chày và cối có khe hở $Z = (1,1 \div 1,3)S$. Khe hở này không thay đổi trong suốt quá trình uốn, còn phần phôi nằm dưới bề mặt nằm ngang của chày thì không tiếp xúc với chày mà bị lỗi ra (hình 3.7). Ngoài ra khi uốn hai góc ngoại lực tác dụng lên phôi tại hai điểm tiếp xúc giữa phôi và chày, khi đó cánh tay đòn uốn nhỏ hơn so với khi uốn một góc.



Hình 3.7. Sơ đồ uốn hai góc

Do vậy khi xác định lực uốn hai góc chúng ta cần phải tính đến những đặc điểm này. Khi tâm bán kính lượn của mép làm việc của chày và cối cùng nằm trên mặt phẳng ngang chúng ta xác định được cánh tay đòn uốn (hình 3.7, tam giác abc):

$$l = (r_c + z + r_{ch}) \sin \frac{\alpha}{2} \quad (3-21)$$

Kết hợp giải các phương trình (3-12), (3-13) và (3-21) chúng ta có lực uốn hai góc khi uốn phôi dài tiết diện ngang hình chữ nhật như sau:

$$P_u = \sigma_s \frac{b.S^2}{2} \cdot \frac{\sin \frac{\alpha}{2} + \mu \cos \frac{\alpha}{2}}{(r_c + z + r_{ch}) \sin \frac{\alpha}{2}} \quad (3-22)$$

Lực uốn thay đổi theo hành trình của chày, nó phụ thuộc vào góc $\alpha/2$. Khi bắt đầu quá trình uốn $\alpha/2 = \pi/2$ và lực uốn sẽ là:

$$P_u = \frac{\sigma_s b.S^2}{2(r_c + z + r_{ch})} \quad (3-22a)$$

Khi góc uốn $\alpha/2$ giảm, lực uốn sẽ tăng và khi $\alpha/2 = 3^0$; $\mu = 0,2$ thì lực uốn sẽ là:

$$P_u = \frac{4,8\sigma_s b.S^2}{r_c + z + r_{ch}} \quad (3-22a)$$

Tuy nhiên khi $\alpha/2 = 0$, nghĩa là chi tiết có dạng chữ U, lực của máy ép chỉ cần thắng lực ma sát sinh ra do sự trượt của chi tiết trong rãnh cối. Nếu uốn hai góc trong khuôn có chặn phôi ở phần giữa thì lực của máy ép cần phải thắng được cả lực chặn mà lực chặn phôi thường bằng $(25 + 60)\%$ lực uốn. Do vậy lực công nghệ sẽ là:

$$P_{cn} = (1,25 + 1,60)P_u \quad (3-23)$$

Khi cần uốn các chi tiết có độ chính xác cao phần chiều dày phôi ở đáy nằm ngang thì cần phải tính đến quá trình nắn sau khi uốn. Lực nắn khi đó sẽ được tính như sau:

$$P_{nắn} = q.F_{ch} \quad (3-24)$$

trong đó: q - áp lực đơn vị;

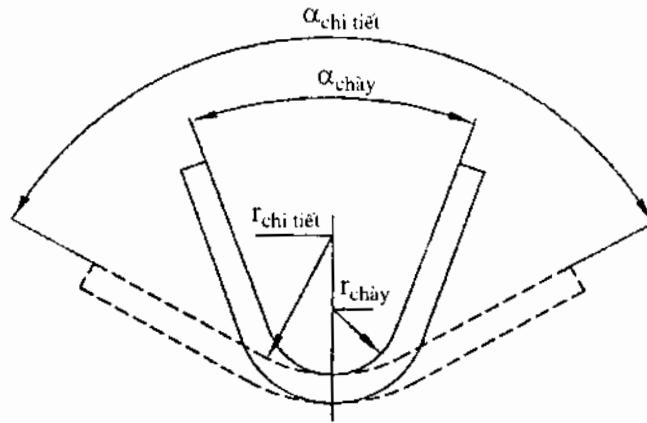
F_{ch} - diện tích tiếp xúc giữa phôi và tấm chặn.

3.4. BIẾN DẠNG ĐÀN HỒI KHI UỐN. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐỂ GIẢM BIẾN DẠNG ĐÀN HỒI

3.4.1. Biến dạng đàn hồi khi uốn chi tiết một góc

Quá trình uốn dẻo cũng giống như những dạng khác của quá trình biến dạng dẻo là bao gồm cả biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo. Biến dạng đàn hồi này sẽ gây ra sự thay đổi hình dạng và kích thước của chi tiết sau khi uốn so với hình dạng và kích thước của khuôn như: bán kính uốn và góc uốn (hình 3.8). Sở dĩ có sự đàn hồi như vậy là do khi có tải (ngoại lực) tác dụng

lên phôi, các lớp kim loại nằm ở vùng kéo có biến dạng đàn hồi nên bị co ngắn lại, còn các lớp kim loại ở vùng nén thì bị giãn ra. Biến dạng đàn hồi khác nhau tại vùng kéo và vùng nén gây ra sự quay tiết diện ngang của phôi và tạo ra góc đàn hồi $\Delta\alpha$ làm cho bán kính cong và góc uốn bị thay đổi.



Hình 3.8. Sự biến dạng đàn hồi khi uốn.

Biến dạng đàn hồi cần phải được tính đến khi xác định kích thước làm việc của khuôn. Điều đó sẽ loại trừ được việc nắn lại bằng tay sau khi dập. Nếu biết được các số đo đàn hồi và đặc điểm của sự thay đổi bán kính uốn và góc uốn thì chúng ta có thể xác định được các kích thước làm việc của khuôn:

$$r_{ch} = r_{d/hoi} - \Delta r = r_{chi\ tiet} - \Delta r \quad (3-25)$$

$$\alpha_c = \alpha_{d/hoi} \pm \Delta\alpha = \alpha_{chi\ tiet} \pm \Delta\alpha \quad (3-26)$$

E. A. Popov đã giải bài toán đơn giản nhất để xác định biến dạng đàn hồi khi uốn dẻo thuần túy phôi dài rộng bằng vật liệu đồng nhất không hóa bền với bán kính uốn đủ lớn (khi đó ảnh hưởng của ứng suất nén hướng kính σ_p có thể bỏ qua vì trị số của chúng tương đối nhỏ):

$$\Delta\alpha = 3 \frac{\sigma_s}{E} \left(\frac{r_{ch}}{S} + 1 \right) \alpha_u'' \quad (3-27)$$

trong đó: α_u là góc uốn bằng $(180^\circ - \alpha)$.

Khi giải bài toán đã sử dụng giả thuyết mặt cắt ngang vẫn phẳng, lý thuyết phá huỷ của A. A. Inlusin và định luật Húc (Hooke). Biến dạng đàn hồi của phần phôi không tiếp xúc với chày khi nắn đã không được tính đến.

Sự chấp nhận trong việc phân tích những giả thuyết làm giảm độ chính xác tính toán trong công thức (3-27), vì thế nó chỉ thích hợp để đánh giá sự ảnh hưởng của các yếu tố đến biến dạng đàn hồi khi uốn. Ví dụ các kim loại màu (hợp kim nhôm) có giới hạn chảy gần với giới hạn chảy của thép nhưng có mô đun đàn hồi nhỏ (nhỏ hơn 2 ÷ 3 lần) so với thép, độ co

giãn của thép càng lớn biến dạng đàn hồi càng tăng cùng với việc tăng bán kính uốn tương đối r/S , góc uốn $\alpha_u = (180^\circ - \alpha)$ và σ_s (khi $E = \text{const}$).

Việc giải bài toán để xác định biến dạng đàn hồi khi uốn bởi mômen uốn ở giai đoạn uốn dẻo thuần túy phẳng có tính đến sự hoá bền của kim loại đã được E. N. Mosninin thực hiện. Các công thức có dạng:

$$\bar{r}_{ch} = \frac{r_{ch}}{S} = \frac{\bar{r}_{ch,t}}{1 + 2m \left(\frac{\sigma_r}{E} \right) \bar{r}_{ch,t}} \quad (3-28)$$

$$\alpha_u = \alpha_{ch,t} - \Delta\alpha = \frac{\alpha_{ch,t}}{1 + 2m \frac{\sigma_r}{E} \bar{r}_{ch,t}} \quad (3-29)$$

trong đó:

$\bar{r}_{ch} = \frac{r_{ch}}{S}$ - bán kính uốn tương đối của chày;

$\bar{r}_{ch,t} = \frac{r_{ch,t}}{S}$ - bán kính uốn tương đối của chi tiết;

$m = K_1 + \frac{K_0}{2r_{ch,t}}$ - mômen uốn tương đối;

$K_1 = \frac{S}{W}$ - hệ số prôfin tiết diện ngang của phôi;

$K_0 = \frac{\Pi}{\sigma_r}$ - hệ số hoá bền của kim loại.

Hệ số prôfin tiết diện ngang K_1 đối với hình chữ nhật và hình vuông hoặc thép góc $K_1 = +1,5$. Đối với thép tròn $K_1 = +1,7$. Đối với thép chữ U và thép chữ I thì $K_1 = +1,8$.

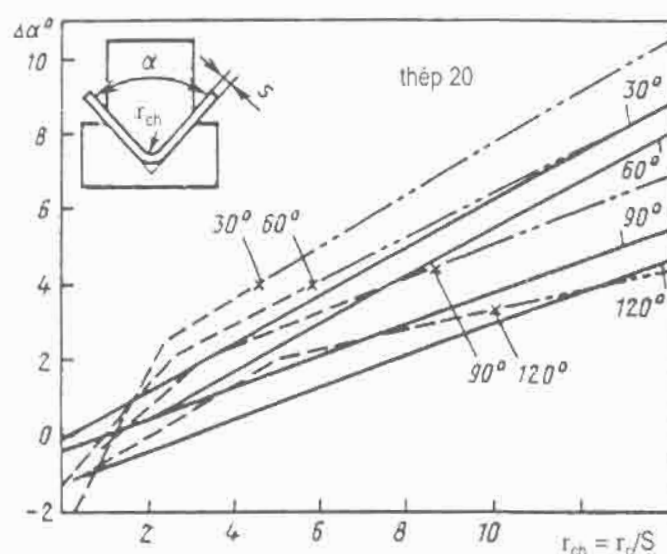
Công thức (3-28) có thể biến đổi cho trường hợp uốn phôi bằng kim loại không hoá bền ($E' = 0$ và $K_0 = 0$) có tiết diện ngang hình chữ nhật ($K_1 = 1,5$).

$$\bar{r}_{ch} = \frac{\bar{r}_{ch,t}}{1 + 3 \frac{\sigma_r}{E} \bar{r}_{ch,t}} \quad (3-30)$$

Có thể sử dụng công thức (3-27) và (3-29) khi uốn bằng mômen với bán kính uốn tương đối lớn ($r > 5S + 10S$) tức là khi đó ở giai đoạn kết thúc quá trình uốn có quá trình nắn (hình 3.5d).

Quá trình uốn ở trong khuôn do tác dụng của các lực ngang tác dụng vào phôi ở giữa các gối tựa. Tuy nhiên tính quy luật khi uốn bằng mômen với mức độ gần đúng có thể sử dụng như là khi uốn bằng các lực ngang (điều đó đã được xác định bằng thực nghiệm) trừ khi uốn với bán kính uốn nhỏ, giá trị của biến dạng đàn hồi tương ứng với giai đoạn uốn dẻo thuần túy với trạng thái biến dạng khối.

Khi bán kính uốn tương đối nhỏ thì sau khi có sự tiếp xúc của phôi với mặt bên của chày (hình 3.5c) nếu chày tiếp tục đi xuống sẽ xảy ra đồng thời quá trình giảm bán kính uốn tại vùng tâm phôi và quá trình nắn phần cánh của nó. Sau khi bỏ ngoại lực, do biến dạng đàn hồi ở vùng tâm phôi tiếp xúc với bán kính cong của chày làm cho góc uốn giữa các cánh uốn tăng lên, nhưng do sự nắn thẳng của các cánh uốn làm cho góc uốn giảm đi. Sự giảm góc uốn giữa các cánh là khi bỏ tải trọng tác dụng, các lớp bị kéo của cánh uốn bị co lại, còn các lớp bị nén lại giãn dài ra, do đó góc uốn ban đầu bị giảm đi. Dạng đàn hồi như vậy được gọi là đàn hồi “âm”.



Hình 3.9. Quan hệ giữa góc đàn hồi và bán kính uốn tương đối:

Đường liền nét: các số liệu thực nghiệm của B. V. Rabinhin;

Đường chấm gạch: theo các số liệu lý thuyết của U. G. Kalpin và I. A. Norusin.

Những nghiên cứu lý thuyết khi uốn với bán kính lượn của chày nhỏ ở cuối quá trình uốn có quá trình nắn các cánh của phôi đã chỉ ra rằng: khi uốn góc đàn hồi được xác định bằng hiệu số giữa góc đàn hồi ở phần tâm phôi và góc đàn hồi của phần cánh của nó:

$$\Delta\alpha = \Delta\alpha_g - \Delta\alpha_c$$

Cần phải xác định rằng sự đàn hồi âm sẽ tăng lên khi giảm bán kính uốn và tăng khoảng cách giữa các gối tựa của phôi. Từ những phân tích lý thuyết chúng ta có được công thức để xác định bán kính lượn của chày khi $\Delta\alpha_g = \Delta\alpha_{\text{cánh}}$ nghĩa là $\Delta\alpha = 0$, như sau:

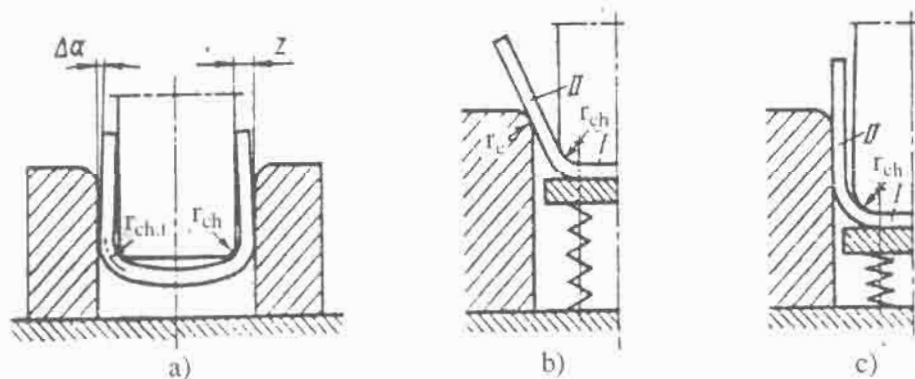
$$r_{ch} = \frac{L\sigma_T - \Pi S(\pi - \alpha)\sin\frac{\alpha}{2}}{3\sigma_T(\pi - \alpha)\sin\frac{\alpha}{2} + 6\sigma_T\cos\frac{\alpha}{2}} - \frac{S}{2} \quad (3-31)$$

B. V. Rabinhin đã nghiên cứu bằng thực nghiệm để xác định góc đàn hồi khi uốn một góc các kim loại đen với bán kính uốn nhỏ và đã chỉ ra rằng: lực uốn chỉ ảnh hưởng đến góc đàn hồi đến một thời điểm hoàn toàn xác định, còn sau đó nếu tăng lực uốn, góc đàn hồi cũng không bị ảnh hưởng. Những thí nghiệm đã xác nhận rằng: tùy thuộc vào bán kính uốn tương đối $\bar{r}_{ch,t}$, sự đàn hồi có thể là dương nếu như sau khi bỏ tải trọng góc của chi tiết uốn tăng lên, khi đó: $\alpha_{uốn} = \alpha_{ch,t} - \Delta\alpha$ và sự đàn hồi sẽ là âm nếu như sau khi bỏ tải trọng góc của chi tiết uốn giảm đi và khi đó $\alpha_{uốn} = \alpha_{ch,t} + \Delta\alpha$. Ngoài ra cũng phải xác định rằng sự đàn hồi cũng sẽ không có khi $\Delta\alpha = 0$ và do đó $\alpha_{uốn} = \alpha_{ch,t}$. Sự thay đổi của góc đàn hồi $\Delta\alpha$ phụ thuộc vào bán kính uốn tương đối của chày \bar{r}_{ch} được biểu diễn trên đồ thị hình 3.9. Từ đồ thị quan hệ này ta có thể nhận thấy rằng khi bán kính uốn tương đối \bar{r}_{ch} tăng và góc uốn của chi tiết $\alpha_{ch,t}$ giảm thì góc đàn hồi $\Delta\alpha$ tăng và đối với mỗi giá trị góc của chi tiết có một giá trị bán kính uốn tương đối để $\Delta\alpha = 0$ nghĩa là không có sự đàn hồi. Giá trị của bán kính uốn tương đối này được gọi là giá trị bán kính uốn tương đối tối ưu. Qua đồ thị ta nhận thấy rằng các số liệu lý thuyết và số liệu thực nghiệm tương đối trùng nhau.

3.4.2. Biến dạng đàn hồi khi uốn chi tiết hai góc (dạng chữ U)

Khi uốn hai góc tự do, nghĩa là uốn với cối có lỗ thông và không có tấm chặn-dẩy, khi đó phôi sẽ bị uốn cho đến khi 2 đầu của nó chạm vào mặt bên của chày. Khi đó góc uốn sẽ nhỏ hơn $\pi/2$ một lượng $\Delta\alpha$ còn bán kính uốn $r_{ch,t}$ có thể sẽ lớn hơn bán kính lượn của chày r_{ch} (hình 3.10a). Đồng thời với quá trình uốn ở hai góc sẽ có quá trình uốn cong phần giữa của phôi (phần nằm dưới bề mặt của chày). Nếu khe hở giữa chày và cối càng lớn thì góc $\Delta\alpha$ càng lớn và phần lồi ở giữa phôi cũng càng lớn. Khi bỏ tải trọng tất cả các phần tử của chi tiết, các phần phôi ở giữa, các cánh uốn và các phần tử ở góc đều bị biến dạng đàn hồi.

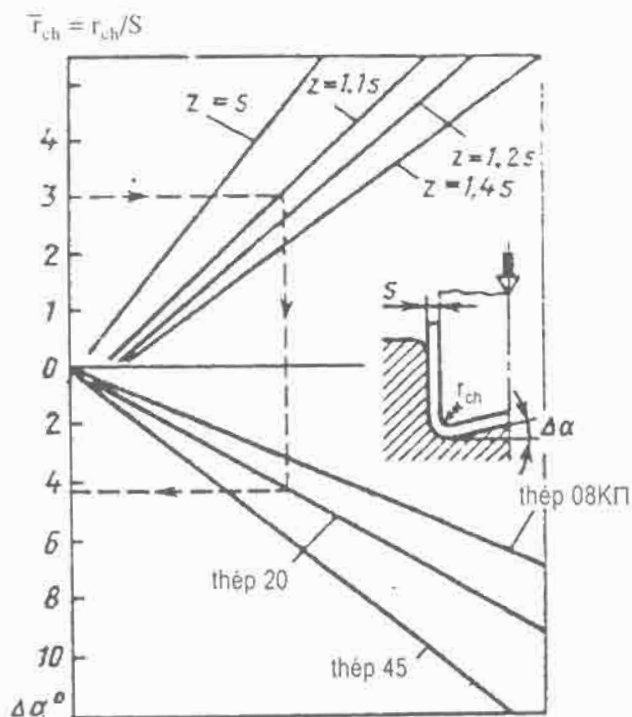
Khi uốn hai góc có chặn phôi ở mặt đầu của chày (hình 3.10b) phần giữa của phôi không bị biến dạng, khi đó góc đàn hồi có thể coi như bằng tổng các góc đàn hồi của phần I (phần xung quang mép lượn của chày) và phần II nằm trong khe hở giữa chày và cối.



Hình 3.10. Sơ đồ uốn hai góc:

a. Không có chặn phôi; b. có chặn phôi; c. có chặn phôi ở giai đoạn cuối.

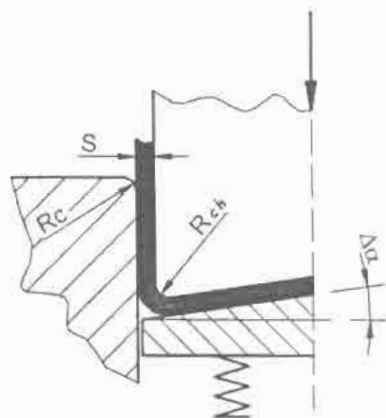
Sự biến dạng của phần I sẽ kết thúc tại thời điểm khi tâm bán kính lượn của chày và cối (r_{ch} và r_c) ở cùng một mức nằm ngang (như trên hình vẽ 3.10b). Xuất phát từ những giả thiết này V. T. Meserin và A. R. Il'in đã đưa ra toán đồ để xác định góc đàn hồi tổng khi uốn chi tiết dạng chữ U. Trình tự sử dụng toán đồ được chỉ bởi các mũi tên trên đường đứt của toán đồ (hình 3.11a).



Hình 3.11a. Toán đồ để xác định góc đàn hồi tổng khi uốn chi tiết dạng chữ U.

Từ toán đồ chúng ta có thể nhận thấy rằng: góc đàn hồi $\Delta\alpha$ sẽ giảm khi bán uốn tương đối \bar{r}_{ch} và khe hở Z giảm.

Nếu biết được giá trị của góc đàn hồi $\Delta\alpha$, cũng giống như khi uốn một góc chúng ta có thể điều chỉnh (bù trừ) kích thước góc của khuôn. Với mục đích như vậy, khi uốn chi tiết dạng chữ U, ở phần mặt đầu của chày người ta làm rãnh lõm riêng, góc nghiêng có trị số bằng $\Delta\alpha$ và tiếp tuyến với phần bán kính lượn của chày. Còn trên tấm chặn người ta làm phần lồi tương ứng với phần lõm của chày (hình 3.11b).



Hình 3.11b.

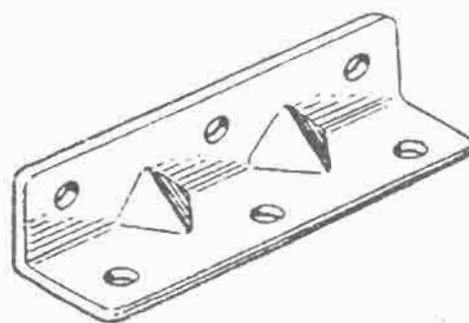
Việc uốn đồng thời 2 góc chỉ tiết dạng chữ U nêu trên thường được sử dụng khi khoảng cách giữa các cánh uốn nhỏ hơn tổng chiều dài của chúng:

$$l < l_1 + l_2$$

Nếu không đảm bảo điều kiện này thì người ta thực hiện uốn tuần tự từng góc một.

3.4.3. Các phương pháp giảm biến dạng đàn hồi khi uốn

Một trong những phương pháp giảm biến dạng đàn hồi khi uốn chỉ tiết một góc là thay đổi kết cấu của chỉ tiết uốn, ví dụ như thiết kế thêm các gân tăng cứng cắt ngang đường uốn (hình 3.12). Các gân tăng cứng sẽ kìm hãm biến dạng đàn hồi của chỉ tiết khi bỏ tải, góp phần làm giảm góc đàn hồi.



Hình 3.12. Chỉ tiết uốn có gân tăng cứng.

Một phương pháp khác làm giảm biến dạng đàn hồi khi uốn là sử dụng các bộ khuôn và máy đặc biệt chuyên dùng. Các bộ khuôn và máy uốn chuyên dùng này làm cho phôi không chỉ bị uốn mà còn bị kéo hoặc bị nén dọc theo trục phôi bởi các lực dọc trục. Một trong những phương pháp làm giảm biến dạng đàn hồi khi uốn hai góc chỉ tiết dạng chữ U là giảm khe hở giữa chày và cối. Góc đàn hồi sẽ giảm đi khi uốn với khuôn có khe hở Z nhỏ hơn chiều dày của phôi ($Z = 0,9S$). Tuy nhiên khi đó sẽ xuất hiện áp lực pháp tuyến cao lên bề mặt của khuôn, dẫn đến sự bám dính các hạt kim loại lên bề mặt khuôn do đó làm cho chỉ tiết bị xây xước, giảm chất lượng bề mặt của sản phẩm. Để ngăn ngừa hiện tượng này, cần phải sử dụng các chất bôi trơn có hiệu quả với các chất dẻo thích hợp và khuôn cần phải được mạ crôm.

3.5. BÁN KÍNH UỐN NHỎ NHẤT CHO PHÉP

Bán kính uốn nhỏ nhất cho phép được xác định trên cơ sở đảm bảo độ bền của các thớ kim loại ngoài cùng của phôi uốn tại vùng kéo. Khi uốn các phôi rộng, sự mất ổn định của các thớ ngoài cùng thường gây ra các vết nứt; còn đối với các phôi dài hẹp thường có các vết nứt ở vùng kéo hoặc các nếp nhăn ở vùng nén; đối với các phôi cứng và giòn có thể bị đứt, gãy tại vùng uốn.

Bán kính uốn nhỏ nhất cho phép phụ thuộc vào tính dẻo và tính dị hướng của vật liệu phôi, chiều dày S, chất lượng bề mặt và trạng thái mép cắt của nó. Ngoài ra phương pháp uốn, trị số góc uốn và chiều rộng của phôi cũng có ảnh hưởng đến giá trị của bán kính uốn nhỏ nhất cho phép.

Có nhiều công thức để xác định bán kính uốn nhỏ nhất cho phép, trong đó có một công thức được xác định trên cơ sở giả thiết rằng: mức độ biến dạng cho phép của lớp ngoài cùng tại vùng kéo không vượt quá biến dạng tương đối trung bình khi kéo, có dạng:

$$\bar{r}_{\min} = \frac{r_{\min}}{S} \geq \frac{1 - 2\Psi}{2\Psi} \quad (3-32)$$

Khảo sát trạng thái ứng suất và biến dạng tại ổ biến dạng khi uốn phôi dài rộng (hoặc tấm) người ta đã xác định được rằng biến dạng ngang của nó rất khó khăn do các lớp ngoài cùng của vùng kéo bị biến dạng trong điều kiện bị kéo hai chiều. Vì thế điều kiện khi đưa ra công thức (3-32) là không phù hợp.

G. A. Smirnov-Aliev đã đưa ra công thức để xác định các bán kính uốn nhỏ nhất cho phép \bar{r}_{\min} một cách chính xác hơn đối với kim loại đẳng hướng có tính đến sơ đồ không tuyến tính của trạng thái ứng suất tại ổ biến dạng. Sử dụng hệ số độ cứng của sơ đồ trạng thái ứng suất:

$$\Pi^* = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{\sigma_i}$$

Tác giả đã xác định trên cơ sở thực nghiệm quan hệ đường cong (phi tuyến) của cường độ biến dạng thực $(\epsilon_i)_{\text{thực}}$ với những sơ đồ khác nhau của trạng thái ứng suất (tức là với những Π^* khác nhau) với biến dạng phá hủy khi kéo thuần túy $(\epsilon_i)_{\text{kéo}}$.

$$(\epsilon_i)_{\text{thực}} = 2 \cdot (\epsilon_i)_{\text{kéo}} \cdot e^{-0,72 \cdot \Pi^*}$$

trong đó:

$$(\epsilon_i)_{\text{kéo}} = \ln \frac{1}{(1 - \Psi_{\text{kéo}})^{-0,47} - 1}$$

Kết quả nghiên cứu đã đưa ra được công thức để xác định bán kính uốn tương đối nhỏ nhất cho phép như sau:

$$\bar{r}_{\min} = \frac{r_{\min}}{S} = \frac{1 - 0,5(1 - \Psi_{\text{kéo}})^{-0,47}}{(1 - \Psi_{\text{kéo}})^{-0,47} - 1} \quad (3-33)$$

Đối với kim loại dị hướng hệ số độ cứng của sơ đồ trạng thái ứng suất có dạng:

$$\Pi^* = \frac{1 - r_{90}^*}{\sqrt{1 - r_{90}^* + (r_{90}^*)^2}}$$

trong đó: r_{90}^* là hệ số biến dạng ngang của mẫu được cắt ra từ tấm theo phương vuông góc với thớ cán.

Từ công thức (3-33), U. M. Arusenxki đã đưa ra công thức để xác định \bar{r}_{\min} như sau:

$$\bar{r}_{\min} = \frac{r_{\min}}{S} = \frac{1 - 0,5(1 - \Psi_{\text{kéo}})^{-T}}{(1 - \Psi_{\text{kéo}})^{-T} - 1} \quad (3-34)$$

trong đó:

$$T = 2 \cdot \sqrt{1 - r_0^* r_{90}^*} \cdot e^{-0,72 \cdot \Pi^*};$$

r_0^* - hệ số biến dạng ngang của mẫu được cắt ra từ tấm dọc theo hướng cán.

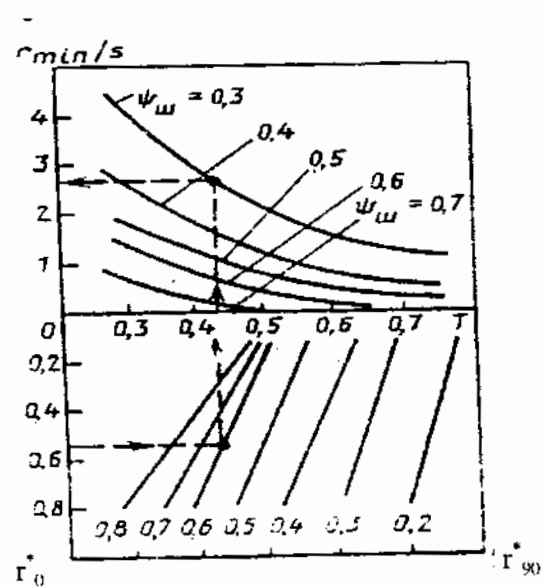
Trong công thức (3-34) đã tính đến không chỉ đặc trưng về tính dẻo mà còn cả đặc trưng về tính dị hướng của kim loại, khi $r_0^* = r_{90}^* = 0,5$ thì công thức (3-34) sẽ lại có dạng như công thức (3-33).

Khi tính toán theo các công thức (3-33) và (3-34) áp dụng cho một số tấm hợp kim dùng trong ngành chế tạo máy bay người ta đã thấy rằng nếu tính đến sự dị hướng của kim loại thì sẽ nhận được sự trùng hợp gần nhất giữa các số liệu tính toán và số liệu thực nghiệm.

Để thuận tiện cho việc tính toán theo công thức (3-34) cũng như tính đến ảnh hưởng của tính dị hướng của kim loại đến bán kính uốn nhỏ nhất cho phép người ta đã xây dựng thuật toán để tính r_{min} (hình 3.13). Từ toán đồ này chúng ta có thể thấy rằng: tùy thuộc vào tỷ số đặc trưng dị hướng r_0^* và r_{90}^* (khi $\Psi_{kéo}$ không đổi) r_{min} có thể thay đổi từ 3 ÷ 4 lần, vì vậy để uốn với bán kính nhỏ cần phải sử dụng kim loại đẳng hướng có hệ số biến dạng ngang nhỏ $r_0^* = r_{90}^* \leq 0,2$ với hệ số $\Psi_{kéo}$ đủ lớn.

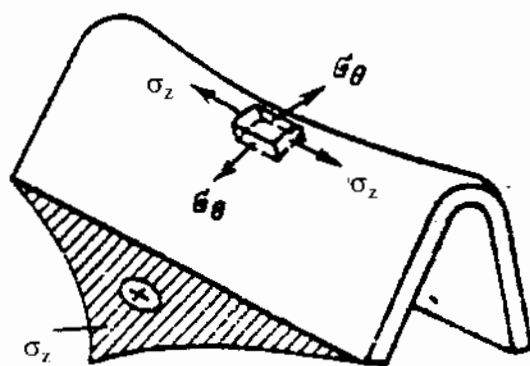
Chiều rộng của phôi cũng có ảnh hưởng đến trị số bán kính uốn nhỏ nhất cho phép, khi chiều rộng phôi càng lớn thì bán kính uốn nhỏ nhất cho phép cũng càng lớn. Sở dĩ như vậy là do khi chiều rộng của phôi tăng lên, ứng suất kéo hướng trục σ_z tại vùng kéo cũng tăng lên, do đó làm giảm tính dẻo của kim loại. Ứng suất kéo hướng trục σ_z phân bố theo chiều rộng của phôi không đồng đều: ở mép ngoài cùng $\sigma_z = 0$ và đạt giá trị cực đại ở giữa chiều rộng phôi. Điều đó có thể giải thích sự xuất hiện những vết nứt ở giữa chi tiết khi uốn mà không phải ở mép phôi cũng như sự hình thành dạng yên ngựa tại vùng uốn của chi tiết (hình 3.14).

Ngoài ra phương pháp đặt phôi vào trong khuôn cũng có ảnh hưởng đến trị số bán kính uốn nhỏ nhất cho phép. Nếu như phôi được cắt bằng khuôn, đặt vào trong khuôn uốn sao cho chiều ba via hướng về phía chày thì khi uốn chúng sẽ bị nén lại và do đó ngay cả khi bán kính



Hình 3.13. Toán đồ để xác định bán kính uốn cho phép tùy thuộc vào tính chất cơ học của vật liệu phôi.

uốn nhỏ cũng không bị nứt. Ngược lại khi đặt phôi với chiều ba via về phía cối thì khi uốn các ba via này sẽ bị kéo đứt làm xuất hiện những vết nứt.



Hình 3.14. Sự phân bố ứng suất kéo hướng trục σ_z theo chiều rộng của phôi khi uốn.

Sự hoá bền của kim loại xảy ra trong quá trình cắt phôi cũng có ảnh hưởng đến trị số bán kính uốn nhỏ nhất cho phép. Trong trường hợp này, đôi khi sự hoá bền là nguyên nhân xuất hiện những vết nứt khi uốn do tính dẻo của vật liệu phôi bị giảm đi. Khi đó hoặc là phải ủ phôi để phục hồi tính dẻo, hoặc là thường hoá, hoặc là phải loại bỏ lớp kim loại đã bị hoá bền bằng phương pháp gọt trong khuôn.

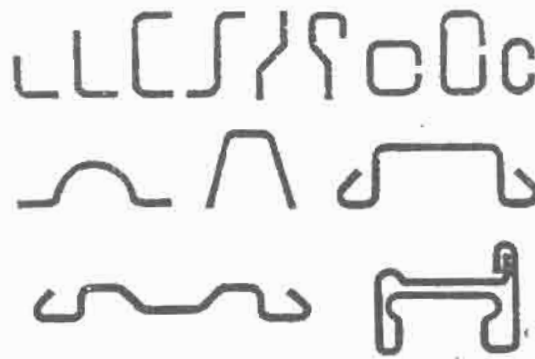
Bằng thực nghiệm người ta đã xác định được rằng: đối với những kim loại được sử dụng rộng rãi nhất trong chế tạo máy thì bán kính uốn nhỏ nhất cho phép thay đổi từ $(0 \div 8)S$.

Bán kính uốn nhỏ nhất cho phép chỉ có tác dụng ở những mép của các kết cấu quan trọng, còn những trường hợp khác thường lấy tăng lên từ $10 \div 20\%$ bán kính uốn nhỏ nhất cho phép.

3.6. UỐN PRÔPHIN VÀ ỐNG

Việc sử dụng các tấm cán prôphin từ phôi tấm hoặc phôi băng thay cho các loại thép định hình được cán nóng trực tiếp đã cho phép làm giảm đáng kể khối lượng của các chi tiết được chế tạo từ những loại thép hình này và cả những bộ phận máy khi lắp ráp.

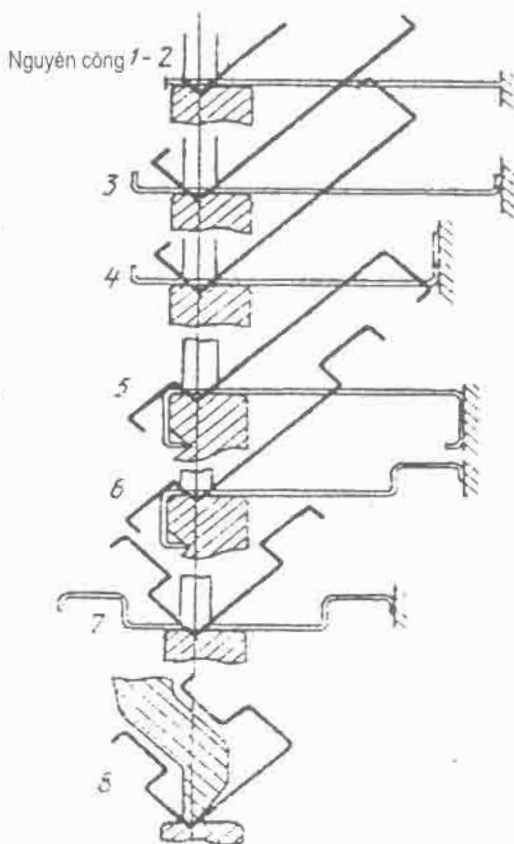
Các tấm prôphin có hình dạng và kích thước đã được tiêu chuẩn hoá theo tiêu chuẩn nhà nước có thể được chế tạo bằng phương pháp uốn trong khuôn vạn năng hoặc trên các máy uốn tấm (máy sấn) hoặc trên các máy uốn tấm có dầm quay hoặc trên các máy uốn lóc prôphin. Tiết diện ngang của các tấm prôphin có rất nhiều loại khác nhau (hình 3.15).



Hình 3.15. Một số tiết diện ngang của các tấm profin.

Việc chế tạo các tấm profin theo phương pháp nào tùy thuộc vào hình dạng, kích thước chiều dày vật liệu và loạt sản xuất của nó. Trong sản xuất loạt nhỏ các tấm profin có kích thước lớn và trung bình được chế tạo theo phương pháp uốn lần lượt các phần tử trên các máy uốn tấm (máy sấn) hoặc trên máy uốn tấm có công dụng đặc biệt (hình 3.16 nguyên công 1 ÷ 8). Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối (chẳng hạn như sản xuất ô tô du lịch). Các tấm profin mỏng có kích thước nhỏ được chế tạo bằng phương pháp uốn lồi trên máy uốn profin. Các loại tấm profin bao gồm các loại tấm cán hình, các tấm uốn sóng (tấm lợp) và các loại profin có công dụng đặc biệt được chế tạo từ những phôi cuộn có chiều dày từ $0,5 \div 0,8$ mm và chiều rộng từ $30 \div 1500$ mm. Các loại vật liệu này thường là thép các bon và thép hợp kim thấp. Việc sử dụng các tấm profin loại này thay cho các loại thép cán hình cán nóng đã đem lại hiệu quả cao.

Quá trình uốn các phôi tấm profin và phôi ống với chiều dày thành tương đối nhỏ sẽ rất khó khăn do sự mất ổn định ở vùng nền tạo ra các nếp nhăn và khả năng thay đổi góc giữa các cánh khi uốn phôi profin dạng chữ U, ngay cả khi uốn với bán kính uốn lớn thì biến dạng đàn hồi cũng rất lớn. Vì vậy khi uốn các phôi profin,

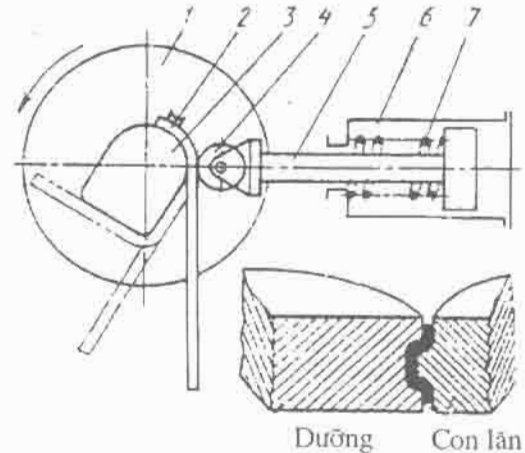


Hình 3.16. Ví dụ uốn lần lượt các phần tử của tấm profin trên máy uốn tấm.

các loại thép cán hình (thép góc, U, I...) và các loại ống người ta thường sử dụng các loại thiết bị và đồ gá chuyên dùng thích hợp cho từng loại phôi khác nhau.

3.6.1. Uốn trên các máy có bàn quay

Các phôi tấm profile có thành mỏng thường được uốn trên các máy chuyên dùng làm việc theo nguyên lý cuộn phôi. Sơ đồ kết cấu của máy uốn profile để uốn các chi tiết viền, nẹp các cửa của ô tô được chỉ ra trên hình 3.17. Máy có bàn quay 1 và xilanh khí nén hoặc thủy lực 6, trên đầu của cán pitông 5 có con lăn uốn hoặc miếng ép 4. Trên bàn máy có kẹp chặt bánh đường 3, hình dạng và kích thước của bánh đường tương ứng đường bao trong của chi tiết cần uốn. Một đầu phôi được kẹp chặt vào bánh đường nhờ cơ cấu kẹp 2, sau đó bàn 1 quay và con lăn 4 (hoặc miếng ép) luôn luôn ép chặt phôi vào đường, sau đó giảm áp lực trong xilanh, con lăn 4 (miếng ép) sẽ tách ra trở về vị trí ban đầu nhờ lò xo nén 7. Tháo cơ cấu kẹp 2 và lấy sản phẩm ra khỏi đường.



Hình 3.17. Sơ đồ của máy uốn profile có bàn quay.

3.6.2. Uốn có kéo

Bản chất của quá trình uốn có kéo là ngoài mômen uốn ngoại lực tác động vào phôi người ta còn đặt vào phôi những lực kéo dọc trục, lực kéo này sẽ làm giảm mômen uốn. Khi đó độ chính xác kích thước của chi tiết uốn phụ thuộc vào mức độ biến dạng đàn hồi của nó sẽ được nâng cao tỷ lệ với sự giảm mômen uốn. Quy luật này có thể xác định nhờ công thức biểu diễn quan hệ giữa mômen uốn M và lực kéo dọc trục N ở giai đoạn uốn dẻo thuần túy khi uốn phôi có chiều rộng l đơn vị.

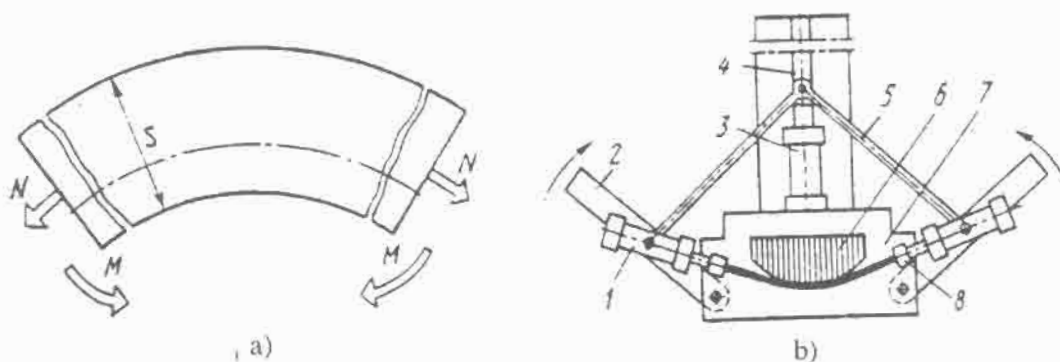
$$M = \sigma_s \cdot \left(\frac{S^2}{4} - \frac{N^2}{4\sigma_s^2} \right)$$

Phân tích công thức trên ta có thể thấy rằng: khi tăng lực kéo dọc trục N thì mômen uốn ngoại lực M sẽ phải giảm đi. Sơ đồ uốn có kéo được biểu diễn trên hình (3-18a).

Khi giảm mômen uốn M sẽ làm cho biến dạng đàn hồi của phôi giảm đi, khi giá trị của mômen uốn bằng không ($M = 0$) thì tất cả các lớp của phôi sẽ chỉ có lực kéo. Khi đó sau khi bỏ tải phôi chỉ bị biến dạng thẳng (biến dạng tuyến tính) còn biến dạng góc thực tế hầu như không có, tức là độ chính xác kích thước của chi tiết uốn sẽ tăng lên.

Trong sản xuất hàng loạt và loạt nhỏ, chẳng hạn trong công nghiệp hàng không, quá

trình uốn có kéo được áp dụng để chế tạo các chi tiết dạng cung cong, độ thoải dốc lớn và trung bình bằng các tấm phôi duyara và nhôm mỏng (khung máy bay, các đai khung ngang...).



Hình 3.18. Sơ đồ uốn có kéo dọc trục:

a. sơ đồ quá trình uốn; b. sơ đồ máy uốn có kéo.

Uốn có kéo dọc trục (hình 3.18b) được tiến hành trên máy chuyên dùng, phôi được kéo sơ bộ trước khi uốn và được uốn có kéo xung quanh dũa. Dũa có hình dạng và kích thước giống như của chi tiết. Máy bao gồm các xilanh thuỷ lực để kéo 1, giá quay 2, xilanh thuỷ lực để quay giá quay 3, dẫn hướng 4, các tay đòn 5, dũa uốn 6, giá đỡ 7, san ga kẹp 8. Quá trình làm việc của máy được tự động hoá hoàn toàn, có thể điều chỉnh để uốn một chi tiết nào đó theo một chương trình đã lập sẵn.

Khi uốn có kéo, sự đàn hồi của chi tiết là rất nhỏ không đáng kể, tuy nhiên nó không thể triệt tiêu hoàn toàn bởi vì sự biến dạng của các lớp ở bên trong và bên ngoài của phôi là khác nhau, vì thế sự hoá bền của các lớp kim loại này cũng sẽ khác nhau và ảnh hưởng đến biến dạng đàn hồi.

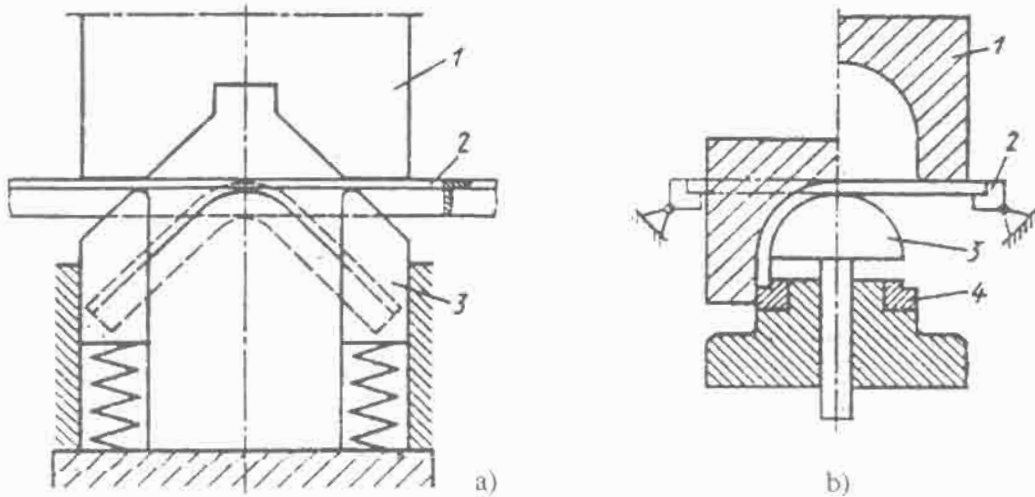
Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, uốn có kéo những chi tiết tương đối nhỏ có thể được thực hiện trong khuôn (hình 3.19a); đặc điểm của bộ khuôn là có 2 đầu trượt bên 3; những đầu trượt này sẽ cùng với cối 1 dịch chuyển xuống phía dưới và phôi 2 tựa lên những đầu trượt đó không chỉ bị uốn mà còn bị kéo theo hướng dọc bởi các lực ma sát tiếp xúc.

Ngoài ra người ta còn sử dụng phương pháp uốn có nén dọc trục các phôi định hình trong khuôn. Sơ đồ của khuôn này trên hình (3-19b). Phôi được đặt trên các gối tựa quay 2, sau đó chúng sẽ được hạ xuống cùng cối 1, phôi sẽ được uốn theo chày 3. Ở cuối hành trình phần mép của phôi tựa vào vai tựa 4 của đế khuôn dưới và do đó khi cối 1 tiếp tục đi xuống sẽ sinh ra lực nén dọc trục để nén phôi.

Tác dụng của lực nén dọc trục khi uốn có nén cũng tương tự như tác dụng của lực kéo dọc trục khi uốn có kéo. Chúng sẽ làm giảm mômen cần thiết để uốn dẻo phôi và do đó nâng

cao độ chính xác kích thước của chi tiết uốn. Khi uốn có nén dọc trục bề mặt của lớp trung hoà ứng suất sẽ dịch chuyển về phía mặt lõi của phôi và khi ứng suất nén bằng σ_S thì mặt trung hoà ứng suất trùng với mặt ngoài của phôi.

Ngoài việc nâng cao độ chính xác kích thước của chi tiết uốn, khi uốn có nén còn cho phép nhận được những chi tiết uốn hai góc (dạng chữ U) với bán kính uốn nhỏ. Nếu ứng suất nén đạt được giá trị σ_S thì có thể nhận được bán kính uốn nhỏ hơn chiều dày phôi (mặt ngoài).



Hình 3.19. Sơ đồ khuôn uốn có kéo (a) và nén (b).

3.6.3. Uốn ống

Khi uốn ống với bán kính tương đối nhỏ thường có đặc điểm riêng liên quan đến sự mất ổn định của phôi tại vùng nén làm xuất hiện những nếp nhăn. Bán kính uốn tới hạn là bán kính mà khi đó phôi uốn ở trạng thái giới hạn của sự mất ổn định, nó phụ thuộc vào chiều dày tương đối của thành ống, tính chất cơ học của vật liệu, bán kính uốn, độ biến mỏng cho phép của thành ống, độ oval cho phép của tiết diện ngang tại vùng uốn v.v... Một cách gần đúng, bán kính uốn tới hạn tương đối của ống mà với bán kính này sẽ không xuất hiện nếp nhăn, có thể xác định theo công thức thực nghiệm:

$$\bar{r}_{\min} = \frac{r_{\min}}{D_{ng}} = 9,25 \cdot \sqrt{0,2 - \frac{S}{D_{ng}}} \quad (3-35)$$

trong đó:

D_{ng} - đường kính ngoài của ống;

S - chiều dày thành ống.

Tính toán theo công thức (3-35) có thể thấy rằng khi thay đổi chiều dày tương đối của thành ống S/D_{ng} từ $0,01 \div 0,1$ thì bán kính uốn tới hạn tương đối của ống thay đổi từ $4,1 \div 3,0$.

Ngoài sự tạo nếp nhăn, khi uốn ống còn xảy ra sự thay đổi hình dạng mặt cắt ngang tại góc uốn của ống; sự thay đổi này có thể coi như là một trong những dạng mất ổn định. Tiết diện ngang tròn ban đầu sẽ trở thành dạng ôvan.

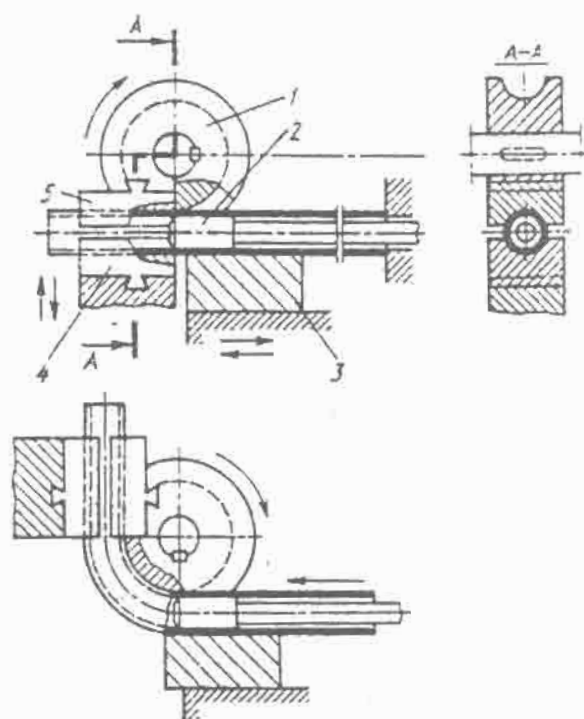
Độ ôvan của tiết diện ngang ống được quy định tùy theo tiêu chuẩn ngành. Khi bán kính uốn lớn, sự sai lệch giữa hai đường kính tại vùng uốn cho phép không lớn hơn $8 \div 10\%$ còn khi uốn với bán kính nhỏ thì không lớn hơn 20% .

Khi cần thiết phải uốn ống với bán kính nhỏ người ta sử dụng những phương pháp uốn khác nhau chẳng hạn uốn bằng phương pháp cuộn có lõi nằm trong ống.

Quá trình uốn theo nguyên lý cuộn được sử dụng rộng rãi để chế tạo các phần tử của các hệ thống ống dẫn và các chi tiết khác nhau bằng các phối ống có thành mỏng với đường kính từ $10 \div 300$ mm. Sơ đồ của phương pháp uốn này được biểu diễn trên hình 3.20 bao gồm: con lăn đường quay 1, các miếng kẹp 4 và 5 để giữ và định cỡ cho lõi 2 và miếng kẹp tựa 3. Bộ dụng cụ thay thế này được đặt trên máy uốn ống chuyên dùng. Bánh đường 1 được kẹp cứng trên trục chính của máy.

Phôi là một đoạn ống được lắp vào lõi 2 và đặt vào cỡ phôi với một kích thước yêu cầu đã được tính toán. Sau đó phôi được kẹp chặt trong rãnh của đường 1 nhờ các miếng kẹp 4 và 5. Khi mở máy đường 1 sẽ quay với một góc uốn cần thiết rồi dừng lại, khi đó phôi sẽ được cuộn vào đường 1 đồng thời với việc rút ra khỏi lõi 2. Lõi 2 được cố định trên thân máy. Miếng kẹp 3 bị kéo theo bởi lực ma sát và dịch chuyển cùng với phần thẳng của ống, đồng thời giữ và ép ống vào con lăn đường 1. Profil của rãnh làm việc của con lăn đường được làm bằng nửa cung tròn với mép lượn tròn nhỏ và có phần lõi ra quá nửa đường tròn. Với hình dạng của rãnh như vậy sẽ hạn chế được sự tăng chiều rộng tiết diện ngang của ống sau khi uốn.

Để dễ phòng tiết diện ngang của phôi bị méo cần phải có lõi. Lõi có thể là nguyên một khối (hay gọi là lõi cứng) hoặc có thể lắp ghép từ nhiều phần tử (hay gọi là lõi uốn



Hình 3.20. Dụng cụ để uốn ống theo phương pháp cuộn.

được). Lõi được chế tạo bằng thép chịu mài mòn và nhiệt luyện đạt độ cứng $52 \pm 58 \text{ HRC}$. Để uốn ống bằng thép không gỉ hoặc kim loại màu và các hợp kim của chúng, ở bề mặt bên trong của ống không cho phép bị cào xước người ta sử dụng các lõi bằng tectolit (mắc PIT).

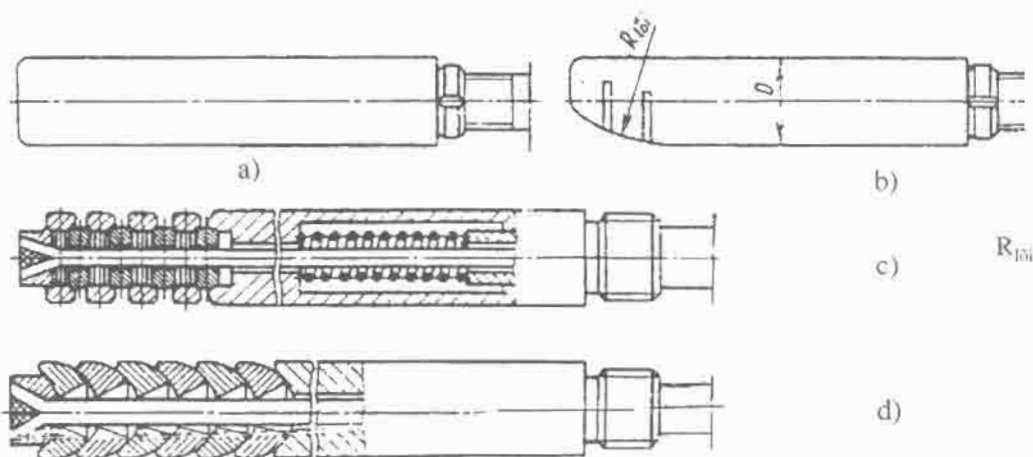
Phần làm việc của lõi được lượn tròn (hình 3.21a) hoặc có thể có dạng phức tạp như (hình 3.21b) trong đó bán kính cong của phần làm việc:

$$R_{\text{lõi}} = r_{\text{tb}} + D/2$$

với r_{tb} - bán kính trung bình của ống cần uốn;

D - đường kính của lõi.

Lõi dạng này có diện tích tiếp xúc với ống lớn, do đó tạo điều kiện thuận lợi hơn cho quá trình uốn vì nó hạn chế sự mất ổn định tiết diện ngang của ống.



Hình 3.21. Cấu tạo của lõi nguyên (a, b) và lõi ghép (c, d) để uốn ống.

Nếu như khi uốn các ống thành mỏng bằng các lõi nguyên (cứng) mà độ oval của ống vượt quá mức độ cho phép hoặc xuất hiện các nếp nhăn tại vùng nén thì người ta sử dụng lõi ghép. Lõi ghép được lắp ráp từ những vòng hình cầu (hoặc những viên bi) được luồn vào một sợi cáp thép. Một đầu cáp được kẹp chặt vào một vòng đệm hãm, còn đầu kia được kéo căng bởi một lò xo đặt trong lõi. Lõi uốn tiếp xúc với bề mặt trong của ống trên toàn bộ phần biến dạng và chống lại sự mất ổn định của phôi. Việc sử dụng lõi uốn loại này đặc biệt có hiệu quả khi uốn các ống có thành mỏng, có mặt trong được tẩy sạch với chất bôi trơn thích hợp (hình 3.21c, d).

Khi uốn ống, tại vùng kéo xảy ra sự biến mỏng thành ống. Chiều dày thành ống tại vùng kéo khi uốn không có lõi với góc 90° được xác định theo công thức:

$$S_{\text{kéo}} = S_0 \cdot \frac{1 - (D_{\text{ng}} - S_0)}{2R_{\text{tb}}}$$

trong đó:

S_0 - chiều dày ban đầu của thành ống;

D_{ng} - đường kính ngoài của ống;

R_{tb} - bán kính cong của cung đi qua trọng tâm tiết diện ngang của ống (trục tâm ống).

Khi uốn có lỗi sự biến mỏng xảy ra mãnh liệt hơn, tùy thuộc vào đường kính của ống, nó thường lớn hơn từ 20 ÷ 50% so với khi uốn không có lỗi.

Mômen uốn cần thiết để uốn được xác định từ điều kiện cân bằng giữa mômen nội lực và ngoại lực. Do vậy công thức để xác định mômen uốn khi uốn không có lỗi với việc sử dụng đồ thị hoá bền tuyến tính có dạng sau:

$$M = \sigma_s D_{tb}^2 S + \frac{\Pi D_{tb}^3 S \pi}{8 \rho_0}$$

trong đó:

S - chiều dày thành ống;

D_{tb} - đường kính trung bình;

Π - môđun hoá bền.

Bằng thực nghiệm người ta đã xác định được rằng khi uốn nguội các ống thép có sử dụng lõi cứng, mômen uốn để thắng lực ma sát khi ống bị trượt đối với lõi chiếm khoảng 70% so với mômen uốn cần thiết để biến dạng ống.

3.6.4. Uốn có nung nóng cục bộ

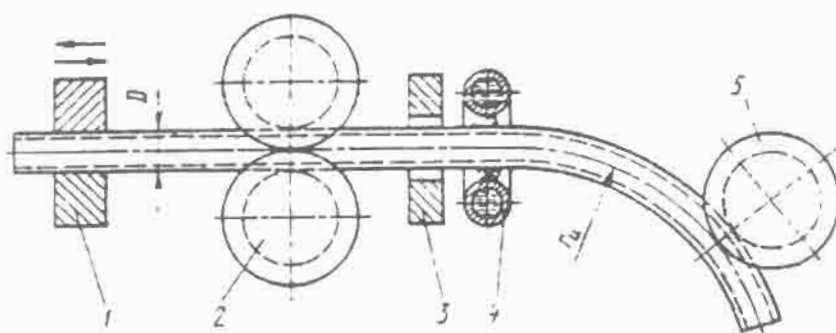
Uốn có nung nóng cục bộ phối là một phương pháp uốn trong đó phối ống liên tục được dịch chuyển qua dụng cụ cảm ứng cao tần để nung nóng rất nhanh một phần phối rất hẹp, đồng thời chính là vùng sẽ chịu tác dụng của mômen uốn lên ống và là ổ biến dạng dẻo trong quá trình uốn.

Vùng được nung nóng đồng thời là vùng biến dạng dẻo sẽ dịch chuyển dọc theo trục phối. Khi ra khỏi vùng biến dạng phần đã được uốn cong của ống sẽ tạo thành phần cong của chi tiết cần chế tạo.

Khi uốn có nung nóng cục bộ, sự tạo nếp nhăn ở vùng nén hầu như không có, do chiều rộng của vùng nung nóng nhỏ xảy ra quá trình chôn phần phối đã được nung dưới tác dụng của ứng suất nén. Điều đó cho phép có thể uốn ống với bán kính nhỏ mà không bị nhăn. Ngoài ra, do không bị nung nóng, phần phối nguội ngay sát vùng biến dạng có độ cứng lớn sẽ kìm hãm sự thay đổi hình dạng tiết diện ngang của phần phối đã được nung nóng.

Phương pháp uốn có nung nóng cục bộ được sử dụng để chế tạo các chi tiết cong khác nhau trong hệ thống ống dẫn. Để uốn ống có nung nóng cục bộ người ta sử dụng một máy uốn ống chuyên dùng. Sơ đồ nguyên lý của máy được chỉ ra trên hình 3.22. Phối được đưa vào giá trượt 1 qua các con lăn dẫn hướng 2 và qua bộ cảm biến 3, bộ cảm biến sẽ nung

nóng bằng dòng cao tần rất nhanh, một phần rất hẹp của phôi ống đến nhiệt độ $800 \div 900^{\circ}\text{C}$. Sau khi ra khỏi bộ phận cảm biến, phôi được làm nguội bởi dòng nước qua thiết bị phun (súng phun nước) 4. Quá trình uốn ống được thực hiện bởi con lăn số 5 mà vị trí của nó tùy thuộc vào trị số của bán kính uốn yêu cầu, được xác định trực tiếp bởi đầu dò linh hoạt của hệ thống theo dõi đặc biệt hoặc bởi thiết bị chép hình được sử dụng để uốn ống có thành mỏng với bán kính uốn nhỏ.



Hình 3.22. Sơ đồ máy uốn ống có nung nóng cục bộ.

Khi chiều rộng của vùng nung nóng $h = 3 \div 4$ mm và chiều dày tương đối của thành ống $S/D = 0,03 \div 0,06$ thì có thể uốn được bán kính $r = 1,5D$ mà không bị nhân.

Ưu điểm của quá trình uốn có nung nóng cục bộ là: có khả năng uốn ống với bán kính nhỏ mà không cần phải sử dụng lõi, không phải chế tạo các dụng cụ thay thế như đường uốn, lõi v.v...; có khả năng tự động hoá quá trình uốn, độ oval của tiết diện ngang ống khi uốn nhỏ v.v...

Nhược điểm của phương pháp uốn này là năng suất thấp (tốc độ dịch chuyển ống vào vùng nung nóng khoảng $0,2 \div 4$ mm/s), kích thước của thiết bị lớn và giá thành cao, mặt bằng sản xuất phải lớn.

Ngoài các phương pháp uốn ống trên, trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối người ta còn sử dụng uốn ống bằng khuôn trên các máy ép trục khuỷu hoặc trên máy uốn ngang. Khi uốn ống bằng khuôn, chiều dày tương đối của thành ống $S/D \geq 0,06$ với bán kính $r > (2 \div 3)D$ (khi uốn không có chất độn bên trong).

Đặc điểm kết cấu của những bộ khuôn này là cối và chày có rãnh bán nguyệt, tương ứng với tiết diện ngang của ống. Ngoài ra để giảm lực ma sát trên bề mặt tiếp xúc giữa cối với phôi và ngăn ngừa những vết sây xát hoặc vết xước trên bề mặt ống, khuôn cần phải thiết kế có con lăn ép quay được hoặc các gối tựa có rãnh dạng con lăn.

Ngoài những phương pháp uốn được dùng rộng rãi trong chế tạo máy nói trên, người ta còn dùng những phương pháp uốn nguội khác: ví dụ uốn trên máy tự động ván năng có dẫn động từ bánh răng trung tâm, uốn đồng thời với lốc v.v... Những phương pháp uốn này được trình bày trong các tài liệu kỹ thuật chuyên ngành.

Chương 4 **DẬP VUỐT**

4.1. CÁC PHƯƠNG PHÁP DẬP VUỐT

Dập vuốt là một nguyên công nhằm biến đổi phôi phẳng hoặc phôi rỗng để tạo ra các chi tiết rỗng có hình dạng và kích thước cần thiết.

Các chi tiết được dập vuốt thường có hình dạng rất khác nhau và được chia thành các nhóm như sau:

- Nhóm các chi tiết có hình dạng tròn xoay (đối xứng trục), ví dụ như: đáy của nồi hơi; các chi tiết hình trụ; các loại bát đĩa kim loại; các chi tiết của thiết bị chiếu sáng như pha đèn, vỏ đèn, chụp đèn v.v...

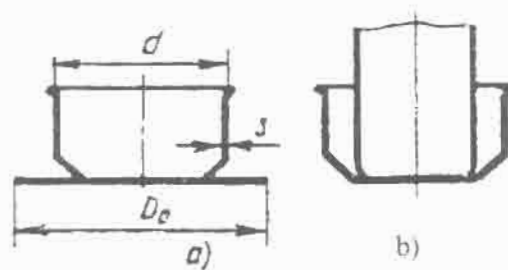
- Nhóm các chi tiết có hình dạng hình hộp: ví dụ như các thùng nhiên liệu của động cơ, các loại vỏ hộp, các chi tiết vỏ bọc trong các thiết bị điện tử, thiết bị đo v.v...

- Nhóm các chi tiết có hình dạng phức tạp có một trục đối xứng hoặc không đối xứng. Ví dụ như các chi tiết vỏ ô tô, cánh cửa ô tô, các chi tiết của máy kéo, các chi tiết của máy bay v.v...

Các chi tiết hình trụ có thể có chiều dày đáy lớn hơn chiều dày thành như các loại vỏ đạn; các loại bát đĩa kim loại có đáy dày v.v... Đường kính của các chi tiết (hoặc chiều dày) có thể từ vài milimét đến một vài mét và chiều dày thành có thể từ một phần mười đến vài chục milimét.

Tuỳ theo chiều cao tương đối của chi tiết, người ta có thể dập một hay nhiều nguyên công để tạo ra chi tiết. Ở nguyên công đầu phôi phẳng có đường kính D được dập vuốt để tạo ra thành phôi rỗng (hình 4.1a) có đường kính d_1 và chiều cao h_1 . Ở các nguyên công sau phôi rỗng được tiếp tục dập vuốt để nhằm mục đích tăng chiều cao và giảm đường kính (hoặc giảm tiết diện ngang) của phôi (hình 4.1b).

Các chi tiết thường được dập vuốt với phôi ở trạng thái nguội mà không cần phải nung phôi. Trừ khi dập vuốt các chi tiết từ các tấm kim loại dày ($S > 20 \text{ mm}$) thì người ta có thể nung phôi để giảm trở lực biến dạng. Khi dập vuốt các chi tiết từ phôi tấm bằng hợp kim nhôm, để nâng cao mức độ biến dạng sau mỗi nguyên công, người ta có thể nung nóng cục bộ vùng biến dạng dẻo. Để chế tạo các chi tiết dập vuốt người ta sử dụng các kim loại tấm có tính dẻo cao như thép các bon thấp chất lượng và thép kết cấu hợp kim thấp, nhôm và hợp kim nhôm, đồng, đồng thau và các kim loại khác.

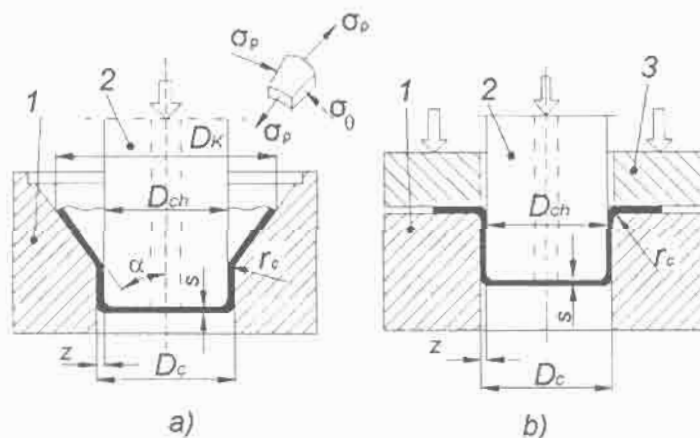


Hình 4.1. Các bước dập vuốt:

a. nguyên công đầu; b. nguyên công tiếp theo.

Dập vuốt được tiến hành trong các khuôn chuyên dùng bao gồm các bộ phận làm việc như: cối 1 có mép làm việc được lượn tròn, chày dập vuốt 2 và tấm chặn vật liệu 3 (hình 4.2). Khi dập các chi tiết có chiều dày tương đối S/D lớn thì khuôn dập vuốt có thể không cần dùng tấm chặn 3 (hình 4.2a). Giữa chày và cối dập vuốt có một khe hở z , trị số khe hở z tùy thuộc vào phương pháp dập (có biến mỏng thành hoặc không biến mỏng thành); chiều dày vật liệu phôi S và thứ tự nguyên công. Khi dập vuốt ngoại lực được truyền qua chày, tác dụng vào phần đáy của chi tiết dập vuốt còn phần vành của phôi vẫn được tự do và không chịu tác dụng của ngoại lực. Người ta thường sử dụng hai phương pháp dập vuốt sau:

1. Dập vuốt không chủ định làm giảm chiều dày vật liệu được gọi là dập vuốt không biến mỏng (hay dập vuốt).
2. Dập vuốt có chủ định làm thay đổi (giảm) chiều dày của phôi được gọi là dập vuốt có biến mỏng vật liệu (hay gọi là dập vuốt có biến mỏng). Đa số các trường hợp dập vuốt có biến mỏng được thực hiện với phôi đã được dập vuốt lần đầu không biến mỏng (từ phôi phẳng).



Hình 4.2. Sơ đồ khuôn để dập vuốt lần đầu:

a. không có tấm chặn, b. có tấm chặn.

Dập vuốt không biến mỏng có đặc điểm là chỉ giảm đường kính của phôi còn chiều dày thành của chi tiết hầu như không đổi. Trong trường hợp này khe hở giữa chày và cối của khuôn dập vuốt có trị số bằng hoặc lớn hơn chiều dày phôi: $z \geq S$.

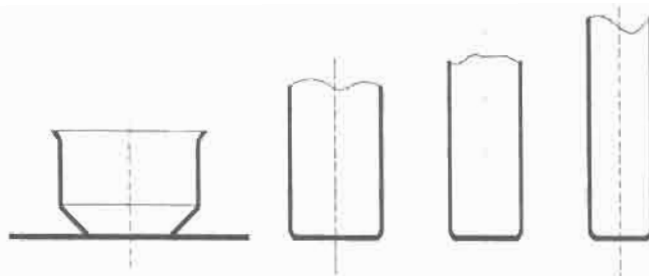
Khi dập vuốt có biến mỏng, chiều dày của thành chi tiết sẽ bị giảm đi so với chiều dày của phôi ban đầu và đường kính của phôi cũng sẽ giảm đi một chút nhưng không đáng kể (trong tính toán công nghệ người ta bỏ qua sự thay đổi về đường kính). Khi dập vuốt có biến mỏng, khe hở giữa chày và cối có trị số nhỏ hơn chiều dày phôi: $z < S$.

Trong quá trình dập vuốt không biến mỏng, phần mép vành của phôi có thể không kéo hết vào trong cối (còn lại phần vành như hình 4.2a) đồng thời sẽ xuất hiện các ứng suất kéo σ_p và ứng suất nén σ_θ . Thành phần ứng suất nén σ_0 sẽ tác động theo hướng tiếp tuyến (hướng vòng), vì vậy với một tỷ số giữa đường kính chi tiết dập vuốt và đường kính phôi nhất định có thể gây ra hiện tượng nhăn ở phần vành (đó chính là hiện tượng mất ổn định ở phần vành). Điều đó sẽ dẫn đến việc kéo các sóng nhăn này vào trong khe hở giữa chày cối với ứng suất kéo σ_p rất lớn gây ra phế phẩm hàng loạt do bị đứt đáy hoặc bị rách. Để ngăn ngừa sự tạo nếp nhăn, trong các khuôn dập vuốt người ta thường sử dụng tấm chặn vật liệu, tấm chặn này có tác dụng ép phần vành của phôi vào bề mặt cối, chống lại sự tạo thành nếp nhăn của vành phôi (hình 4.2b). Do vậy trong quá trình dập vuốt không có biến mỏng người ta còn chia làm hai dạng: dập vuốt không biến mỏng thành có chặn phôi và không có chặn phôi.

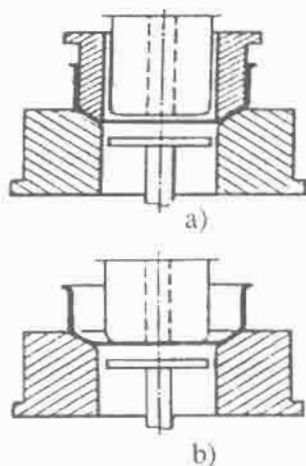
Khi dập vuốt từ phôi phẳng sau một nguyên công ta có thể nhận được chi tiết hình trụ với chiều sâu không lớn, thường chiều cao tương đối $h/d \leq 0,7 \div 0,8$. Khi dập vuốt các chi tiết với chiều sâu lớn hơn, ứng suất kéo ở phần thành chi tiết (tại tiết diện ngang nguy hiểm) thường tăng lên rất lớn và có thể làm đứt đáy. Vì vậy khi dập vuốt các chi tiết có chiều cao tương đối h/d lớn, người ta thường phải tiến hành dập vuốt qua nhiều nguyên công. Khi đó, ứng suất kéo hướng kính, phát sinh ở phần thành chi tiết sẽ giảm đi tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình dập vuốt.

Trong quá trình dập vuốt phôi ở trạng thái nguội, kim loại thường bị hoá bền, làm giảm tính dẻo của kim loại. Sự hoá bền quá mức của kim loại có thể dẫn đến làm mất tính dẻo và cuối cùng dẫn đến bị phá huỷ. Vì vậy quá trình chế tạo các chi tiết có chiều cao tương đối lớn ($h/d > 1$) giữa các nguyên công dập vuốt người ta thường phải tiến hành ủ kết tinh lại các bán thành phẩm nhằm khử bỏ sự hoá bền và phục hồi tính dẻo của kim loại (hình 4.3).

Các nguyên công tiếp theo khi dập vuốt được thực hiện trên các khuôn có chặn (hình 4.4a) hoặc không có chặn phôi (hình 4.4b) tùy thuộc vào chiều dày tương đối của phôi và mức độ biến dạng. Những nguyên công tiếp theo khi dập vuốt cũng có thể được thực hiện theo phương pháp dập vuốt thuận hoặc dập vuốt ngược. Khi chày truyền áp lực vào phôi rộng ở mặt trong của đáy phôi (hình 4.4) thì được gọi là phương pháp dập vuốt thuận, còn nếu như chày truyền áp lực vào mặt ngoài của đáy phôi thì gọi là dập vuốt ngược (hình 4.5a) bởi vì khi đó phôi được kéo vào trong cối theo hướng ngược lại so với hướng dập vuốt lần thứ nhất.

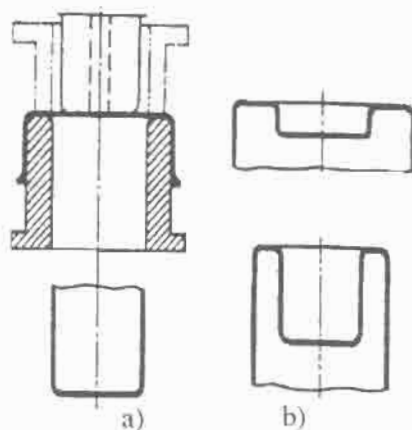


Hình 4.3. Sơ đồ quá trình công nghệ dập vuốt các chi tiết hình trụ sâu.



Hình 4.4. Sơ đồ khuôn để dập vuốt các nguyên công sau:

a- có vòng chặn phôi; b- không có vòng chặn.



Hình 4.5. Dập vuốt ngược:

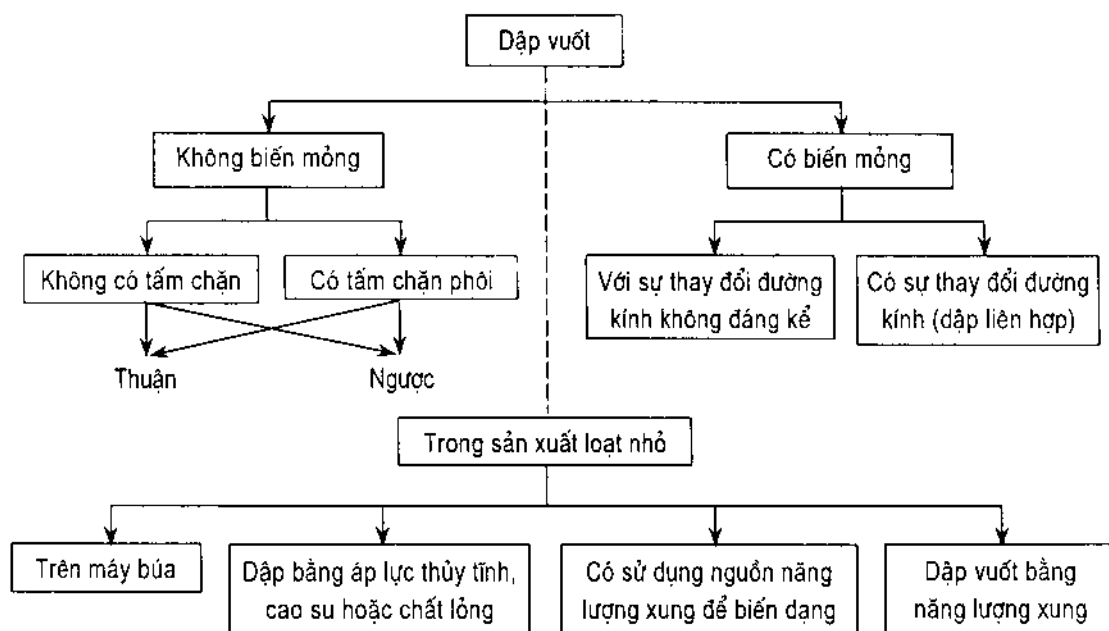
a- sơ đồ khuôn; b- các dạng chi tiết.

Dập vuốt ngược thường được sử dụng để dập vuốt các chi tiết có hình dạng phức tạp, ví dụ như chi tiết hai đáy hoặc có hai lớp vỏ (hình 4.5b). Ngoài ra dập vuốt ngược còn được sử dụng để đồng thời thực hiện hai nguyên công dập vuốt trên cùng một bộ khuôn nhằm tăng mức độ biến dạng hoặc khi dập vuốt các chi tiết có dạng hình côn, hình cầu.

Trong sản xuất hàng loạt lớn và hạng khối, dập vuốt thường được thực hiện trên các máy ép trục khuỷu tác dụng đơn hoặc máy ép song động. Thông thường các chi tiết có kích thước lớn và trung bình (vỏ ô tô, chậu, xoong, nồi kim loại v.v...) thường được dập trên các máy ép thủy lực song động hoặc máy ép song động cơ khí. Còn đối với các chi tiết nhỏ thường được dập trên các máy ép trục khuỷu tác dụng đơn.

Việc nghiên cứu các quá trình dập vuốt đã được thực hiện ở nhiều nước, trong nhiều năm trở lại đây; tuy nhiên nó vẫn cần tiếp tục phải nghiên cứu bởi vì có nhiều bài toán mới chỉ được giải một cách gần đúng cần phải chính xác hoá hơn nữa. Trong những năm gần đây đã xuất hiện những bài toán mới, liên quan đến việc xuất hiện những phương pháp dập vuốt

mới. Sơ đồ các phương pháp dập vuốt khác nhau đã được chỉ ra trên hình 4.6 (phân loại các nguyên công dập vuốt).



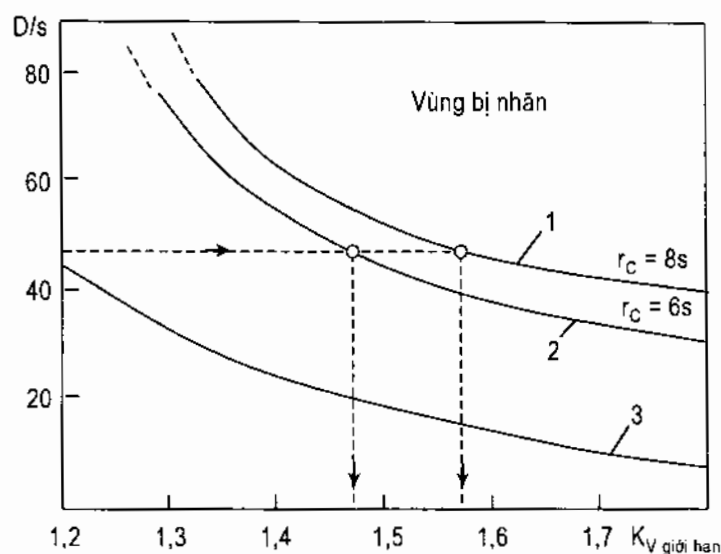
Hình 4.6. Sơ đồ các phương pháp dập vuốt khác nhau.

4.2. DẬP VUỐT KHÔNG CÓ CHẶN PHÔI

Dập vuốt không có chặn phôi được thực hiện trong khuôn không có tấm chặn trên máy ép tác dụng đơn. Ổ biến dạng nằm ở phần vành có dạng côn trong đó có các thành phần ứng suất kéo hướng kính σ_p và ứng suất nén tiếp tuyến σ_θ (xem hình 4.2). Khả năng dập vuốt không có chặn được giới hạn bởi hai yếu tố: nếu chiều dày tương đối của phôi nhỏ sẽ xảy ra sự tạo nếp nhăn ở phần vành côn do thành phần ứng suất nén tiếp tuyến σ_θ , hoặc chiều dày tương đối của phôi lớn biến dạng cục bộ trên chiều dày thành sẽ làm cho ứng suất tại vùng chuyển tiếp giữa đáy và thành của chi tiết vượt quá giới hạn phá huỷ gây ra đứt đáy.

Theo số liệu của E. H. Mosnhin khả năng tạo nếp nhăn khi dập vuốt trong cối có bán kính lượn ở mép làm việc có thể được xác định nhờ các đường cong giới hạn. Những đường cong giới hạn này được xây dựng dựa vào kết quả sử dụng các phương trình lý thuyết bền và lý thuyết chảy dẻo với các bán kính lượn của cối khác nhau: r_C (đường cong 1 và 2 trên hình 4.7). Khi tăng bán kính lượn của cối, mức độ biến dạng giới hạn (được đặc trưng bởi hệ số K_V) cũng tăng lên. Các số liệu lý thuyết đã được kiểm nghiệm bằng thực nghiệm khi dập một số loại vật liệu khác nhau: như thép 20, 12X18H9T (thép không gỉ) và các hợp kim nhôm: Д16АМ.

- Đường cong 1 & 2 theo số liệu của E. H. Mosnhin đối với cối có $r_C = 6s$ và $r_C = 8s$.
- Đường cong 3 theo số liệu của L. A. Sophman.



Hình 4.7. Các đường cong giới hạn để xác định vùng đập và khả năng tạo nếp nhân khi đập vượt không có chặn phôi.

Phương pháp sử dụng các đường cong giới hạn được chỉ ra trên hình 4.7 theo mũi tên đứt nét.

- Điều kiện để đập vượt không có chặn phôi một cách gần đúng, có thể sử dụng theo số liệu của L. A. Sophman:

$$D_0 - d \leq (18 \div 22) S$$

trong đó:

- D_0 - đường kính của phôi;
- d - đường kính chi tiết đập vượt;
- S - chiều dày vật liệu.

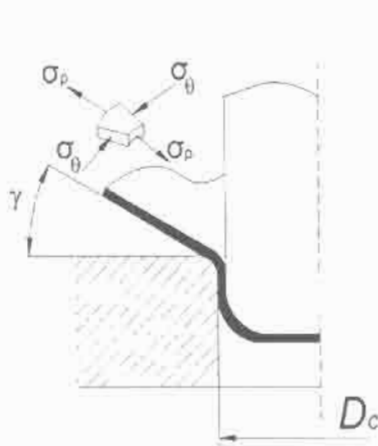
Ở thời điểm ban đầu của quá trình đập vượt không có chặn phôi, theo hướng trục tâm của cối có sự uốn phần vành phôi đối với mép làm việc của cối với một góc γ (hình 4.8). Sự quay của phần vành xảy ra dưới tác dụng của mômen uốn mà mômen uốn này xuất hiện là do sự dịch chuyển lực đặt vào phôi về các phía của chày và cối. Vì vậy mà phần vành của cối có dạng côn kép như hình 4.9.

Thường khi đập vượt không có chặn trong các cối có miệng hình côn sẽ ít bị nhân hơn so với khi đập vượt trong các cối có miệng hình trụ. Sự tạo nếp nhân trong các cối hình côn tùy thuộc vào chiều rộng tương đối của vành, bán kính lượn của cối và góc nghiêng φ của nó. Góc nghiêng của miệng cối côn thường lấy từ $30^\circ + 45^\circ$ khi chiều dày tương đối của phần thành trụ: $d/s > 30$ và góc nghiêng $\varphi = 15^\circ + 20^\circ$ khi $d/s < 30$.

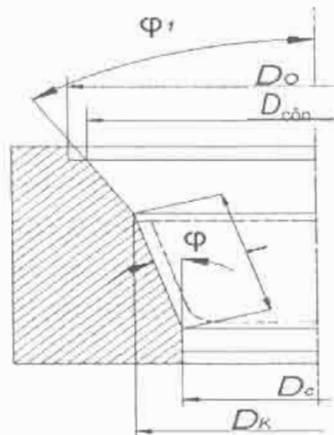
Đường kính miệng cối côn $D_{\text{côn}}$ cần phải nhỏ hơn một chút so với đường kính phôi: (hình 4.9)

$$D_{\text{côn}} = 0,9.D_o \quad (4-1)$$

Khi góc nghiêng $\varphi = 15^\circ$ và $D_{\text{côn}} = 0,9D_o$ thì chiều cao của cối tương đối lớn. Ví dụ khi tỷ số $R_o/r = 2$ thì chiều cao cối bằng hai lần đường kính của chi tiết. Do vậy người ta có thể giảm chiều cao của cối bằng cách sử dụng cối có độ côn kép (hình 4.9): phần phía trên của cối (phần miệng) có góc côn $\varphi_1 = 12 \div 15^\circ$. Đường kính lỗ côn ở phần dưới (cửa vào) có thể được xác định dựa vào giả thiết của Valiev (Валиев). Theo giả thiết này thì quá trình dập vuốt vào trong lỗ cối hình trụ cần phải bắt đầu ngay sau khi xảy ra sự giảm lực biến dạng ở trên bề mặt côn của cối. Tại thời điểm này, đường kính ngoài của bán thành phẩm (phía đầu côn nhỏ) bằng đường kính của phần lỗ cối hình trụ D_C còn đường kính của bán thành phẩm ở phía đầu cối bằng D_K .



Hình 4.8. Giai đoạn đầu khi dập vuốt không có chặn.



Hình 4.9. Cối có dạng hình côn kép để dập vuốt.

Sự chia nhỏ quá trình dập vuốt thành các giai đoạn riêng đã cho phép tăng được mức độ biến dạng tổng cộng với mức độ biến dạng phù hợp ở mỗi giai đoạn của quá trình.

Từ điều kiện cân bằng diện tích bề mặt giữa phôi và chi tiết bán thành phẩm tại thời điểm dập vuốt khảo sát (hình 4.9) ta có:

$$\frac{\pi D_o^2}{4} = \frac{\pi(D_K + D_C).l}{2} + \frac{\pi D_C^2}{4}$$

trong đó: $l = \frac{D_K - D_C}{2 \sin \varphi}$ (độ dài của đường sinh).

Do đó chúng ta có thể xác định được đường kính của lỗ côn ở phần dưới của cối D_K dưới dạng hàm số của hệ số $K_V = D_o/D_C$, và góc nghiêng φ :

$$D_K = D_C \sqrt{(K_V^2 - 1) \sin \varphi + 1} \quad (4-2)$$

Từ công thức (4-2) chúng ta có thể thấy rằng khi $K_V = 2$ và $\varphi = 15^\circ$ thì đường kính lớn của phần lỗ côn phía dưới của cối sẽ là:

$$D_K = 1,34 D_C$$

Khi dập vuốt không có chặn trong cối hình côn thì mức độ dập vuốt bằng tỷ số giữa đường kính phôi với đường kính chi tiết dập vuốt:

$$K_V = D_i / d$$

Ứng suất kéo hướng kính lớn nhất tại ổ biến dạng (khi lực dập vuốt đạt giá trị cực đại) có tính đến lực ma sát tiếp xúc và ứng suất phụ do bị uốn và kéo phôi vào trong lỗ cối hình trụ, được xác định theo công thức sau:

$$\sigma_{pmax} = \beta \cdot \sigma_{s(tb)} \cdot \left[\left(\frac{D_K}{D_C} - 1 \right) \cdot (1 + \mu \cdot \text{ctg} \varphi) + \frac{S}{2r_C + S} \right] \cdot (1 + \mu \cdot \varphi) \quad (4-3)$$

trong đó: $\sigma_{s(tb)}$ - ứng suất chảy trung bình;

D_K - đường kính miệng côn của bán thành phẩm được xác định theo công thức (4-2).

Trong quá trình dập vuốt thường xảy ra sự hoá bền kim loại, công thức (4-3) có tính đến ảnh hưởng của hoá bền bởi trị số của ứng suất chảy trung bình, được xác định dựa vào đường cong hoá bền. Phân tích công thức (4-3) chúng ta có thể thấy rằng: khi tăng mức độ biến dạng, lực ma sát, ứng suất chảy và chiều dày của phôi thì ứng suất kéo hướng kính σ_{pmax} cũng tăng lên. Còn khi bán kính lượn của cối tăng lên thì ứng suất σ_{pmax} giảm đi.

Dập vuốt không có chặn phôi cũng có thể được thực hiện với bề mặt làm việc của cối có dạng đường đẳng tiếp cự. Khi đó phần vành phôi tiếp thụ hai mặt cong. Điều đó có khả năng nâng cao mức độ biến dạng tới hạn, đồng thời tăng tính chống mài mòn của cối.

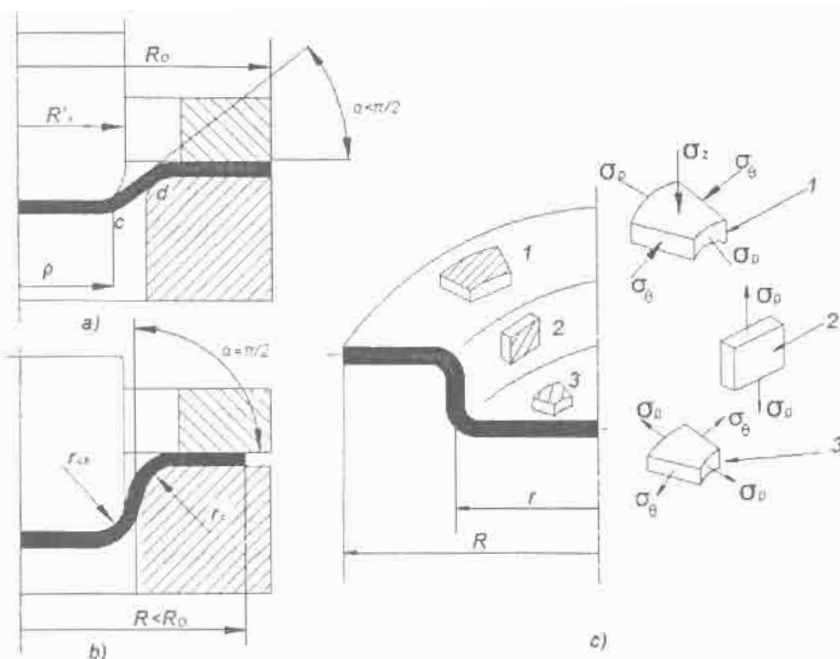
Thực nghiệm đã chứng minh rằng: mức độ biến dạng giới hạn cho phép khi dập vuốt không có chặn trong cối hình côn ($\varphi = 30^\circ$) cao hơn so với cối hình trụ, còn khi dập vuốt trong cối có dạng đường đẳng tiếp cự, mức độ biến dạng giới hạn cho phép lại cao hơn so với khi dập trong cối có dạng côn.

Tuy nhiên trong thực tế sản xuất cối có dạng đường đẳng tiếp cự ít được sử dụng do giá thành chế tạo chúng cao hơn nhiều so với khi chế tạo cối hình côn.

4.3. DẬP VUỐT CÓ CHẶN PHÔI

Dập vuốt có chặn phôi được chia thành hai giai đoạn: giai đoạn đầu khi phôi được kéo vào trong cối cho đến khi góc ôm của phôi xung quanh mép làm việc của chày và cối với góc $\alpha < \pi/2$ (hình 4.10a). Giai đoạn sau khi góc ôm $\alpha \approx \pi/2$ (hình 4.10b).

Ở giai đoạn đầu của quá trình vuốt có chặn phôi có sự giảm chiều dày phôi tại ổ biến dạng là hình vành khăn có chiều rộng c-d (hình 4.10a). Khi đó bán kính phôi R_0 không giảm.



Hình 4.10. Sơ đồ dập vuốt có chặn phôi.

Nếu lực biến dạng và lực chặn phôi lớn thì sự phá huỷ phôi thường bắt đầu ở vùng c-d là vùng nguy hiểm (có độ bền kém nhất). Khi lực dập vuốt tăng lên thì ổ biến dạng dẻo cũng tăng lên và cũng lan dần sang cả phần vành thậm chí trong trường hợp riêng ổ biến dạng dẻo có thể cả ở phần đáy của phôi. Sau khi toàn bộ phần vành bị biến dạng dẻo thì giai đoạn hai bắt đầu, nó được đặc trưng bởi sự tăng góc ôm α và giảm bán kính vành ($R_{\text{vành}} < R_0$).

Khi góc ôm α gần đến 90° thì tâm bán kính lượn của chày và cối (r_{ch} và r_c) gần như nằm trong cùng một mức (nằm ngang) (xem hình vẽ 4.10b). Tại thời điểm tiếp xúc bất kỳ của giai đoạn hai, sau khi đã kéo phôi vào trong cối với chiều sâu nhất định, ở các mép cối có ba phần của phôi với trạng thái ứng suất khác nhau (phần vành khăn 1, phần hình trụ 2 và phần đáy 3) (hình 4.10c).

Ở phần vành 1 được giới hạn bởi 2 vòng tròn có bán kính R và r , bằng thực nghiệm người ta đã xác định được trạng thái ứng suất là phẳng bởi vì ứng suất nén σ_z do áp lực của tấm chặn gây ra là rất nhỏ so với ứng suất chảy σ_s , còn khi dập vuốt không có lực chặn thì hầu như không có σ_z .

Một phần tử được tách ra từ phần vành có hai thành phần ứng suất: theo hướng kính là ứng suất kéo σ_p còn theo hướng tiếp tuyến là ứng suất nén σ_θ . Khi dập vuốt đường kính phần vành giảm dần do phôi bị kéo vào trong cối và đó là một ổ biến dạng dẻo tập trung. Tuy nhiên, để có thể chảy dẻo và thay đổi hình dạng của phần vành thì cần phải đảm bảo sao cho tỷ số giữa các ứng suất σ_p và σ_θ là hoàn toàn xác định. Theo điều kiện dẻo của Huber-Mises:

$$|\sigma_p| + |\sigma_\theta| = \beta\sigma_s \quad (4-4)$$

Phần hình trụ 2 do áp lực của chày dịch chuyển cùng với phần đáy của phôi, có trạng thái ứng suất gần như là kéo đơn: σ_p . Trong trường hợp này, ứng suất kéo σ_p cần phải nhỏ hơn ứng suất chảy ($\sigma_p < \sigma_s$). Nếu điều kiện đó không đạt được sẽ dẫn đến sự biến mỏng cục bộ và có thể gây ra đứt gãy. Phần hình trụ mà chúng ta khảo sát bị biến dạng đàn hồi khác với phần vành bị biến dạng dẻo mặc dù trong phần vành cũng có điều kiện $\sigma_p < \sigma_s$ (công thức 4-4).

Phần đáy 3 có hai thành phần ứng suất kéo, cũng giống như phần thành hình trụ, phần đáy bị biến dạng đàn hồi, khi đó ứng suất kéo σ_p tác dụng theo hướng kính và ứng suất σ_θ tác dụng theo hướng tiếp tuyến cũng luôn luôn nhỏ hơn ứng suất chảy của vật liệu phôi: $\sigma_p < \sigma_s$ và $\sigma_\theta < \sigma_s$.

Như vậy phần vành của chi tiết dập vuốt được gọi là vùng biến dạng dẻo còn phần hình trụ và đáy gọi là vùng truyền lực biến dạng. Sự phân bố ứng suất trên ổ biến dạng được xác định dựa vào việc giải phương trình cân bằng kết hợp với phương trình dẻo với những điều kiện biên nhất định. Đối với điều kiện lý tưởng, sự biến dạng có phương trình sau:

$$\sigma_p = \beta \cdot \sigma_s \cdot \ln \frac{R}{\rho} \quad (4-5)$$

$$\sigma_\theta = -\beta \cdot \sigma_s \cdot \left(1 - \ln \frac{R}{\rho} \right) \quad (4-6)$$

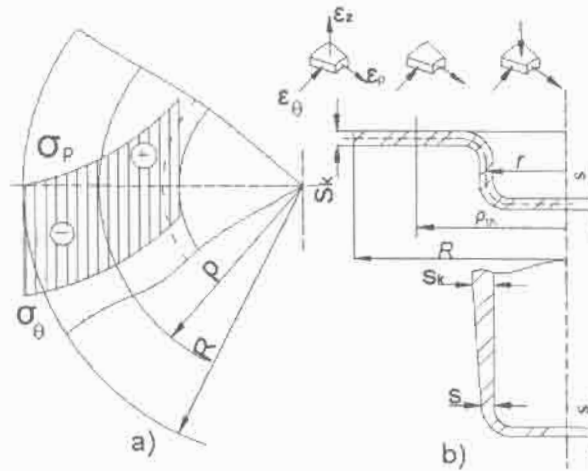
Từ những phương trình trên chúng ta có thể thấy được đặc điểm thay đổi ứng suất tại ổ biến dạng: ứng suất kéo hướng kính σ_p thay đổi từ giá trị 0 ở mép vành ($\rho = R$) đến giá trị cực đại ở vùng bán kính lượn của cối ($\rho = r$); còn ứng suất nén theo hướng tiếp tuyến σ_θ thay đổi từ giá trị cực đại ở mép vành khi ($\rho = R$) đến giá trị cực tiểu tại vùng bán kính lượn của cối ($\rho = r$). Biểu đồ phân bố ứng suất σ_p và σ_θ theo chiều rộng của vành được chỉ ra trên hình 4.11a. Từ biểu đồ phân bố ứng suất chúng ta chỉ có thể kết luận rằng: ở phần mép vành ứng suất nén σ_θ lớn hơn ứng suất kéo σ_p (về trị số tuyệt đối): $|\sigma_\theta| > |\sigma_p|$ điều đó làm cho phần mép vành có sự tăng chiều dày (biến dày) còn ở phần phía trong của vành, ứng suất kéo hướng kính lớn hơn ứng suất nén: $|\sigma_\theta| < |\sigma_p|$ làm cho chiều dày phôi bị biến mỏng. Khi $|\sigma_p| = |\sigma_\theta|$ chiều dày của phần vành không thay đổi và bằng chiều dày phôi ban đầu. Trong trường hợp này trạng thái biến dạng là phẳng. Sơ đồ trạng thái biến dạng của phần vành như trên hình 4.11b.

Ranh giới giữa phần biến dày và phần biến mỏng của vành có thể được xác định nếu sử dụng điều kiện trạng thái biến dạng phẳng:

$$\frac{\sigma_p + \sigma_\theta}{2} = \sigma_n$$

Nếu có thể coi rằng khi dập vuốt $\sigma_n \approx 0$, khi đó điều kiện trạng thái biến dạng phẳng có dạng:

$$\sigma_\rho - \sigma_\theta = 0 \quad (4-7)$$



Hình 4.11. Sự phân bố ứng suất và biến dạng ở phần vành khi dập vuốt.

Thay các giá trị của σ_ρ và σ_θ theo công thức (4-5) và (4-6) vào phương trình (4-7) ta có:

$$\beta \cdot \sigma_s \cdot \ln \frac{R}{\rho} - \beta \cdot \sigma_s \cdot \left(1 - \ln \frac{R}{\rho} \right) = 0 \quad (4-8)$$

Từ đó chúng ta có thể suy ra bán kính vòng tròn phân chia giữa vùng biến dày và vùng biến mỏng của phần vành (bằng cách thay giá trị $\rho = \rho_{gh}$ vào (4-8)), xem hình 4.11b:

$$\rho_{gh} = 0,606 \cdot R$$

Chiều dày lớn nhất của phần vành tại ổ biến dạng: S_K là ở mép ngoài cùng của nó. Ở đây trạng thái ứng suất gần với trạng thái ứng suất đơn ($\sigma_\rho \approx 0$; $\sigma_n \approx 0$). Với sự co ngắn tuyến tính mức độ biến dạng theo hướng kính và hướng trục bằng nhau:

$$|\epsilon_\rho| = |\epsilon_n|$$

Khi đó điều kiện thể tích không đổi có dạng:

$$\epsilon_\theta + 2\epsilon_n = 0$$

Suy ra:

$$\epsilon_n = -\frac{1}{2} \epsilon_\theta$$

Nếu coi $\epsilon_n = \ln \frac{S_K}{S}$ và $\epsilon_\theta = \ln \frac{R}{R_0}$ chúng ta có:

$$\ln \frac{S_K}{S} = -\frac{1}{2} \ln \frac{R}{R_0}$$

suy ra

$$S_K = S \sqrt{\frac{R_o}{R}}$$

Khí kéo toàn bộ phôi vào trong cối thì phần vành sẽ không có, tương ứng $R = r$.

Do đó:

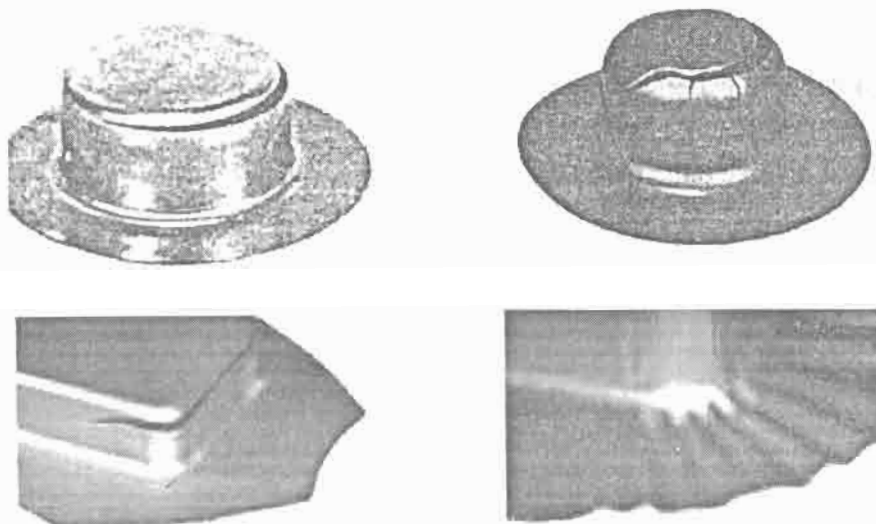
$$S_K = S \sqrt{\frac{R_o}{r}} \quad (4-9)$$

Hoặc tính đến tính dị hướng của kim loại thì:

$$S_K = S \left(\frac{R_o}{r} \right)^{\frac{1}{1+R^*}} \quad (4-9a)$$

Đối với kim loại đẳng hướng, hệ số dị hướng $R^* = 1$. Khi đó nếu thay giá trị của nó vào (4-9a) thì công thức (4-9a) sẽ trở thành (4-9). Công thức (4-9) có thể sử dụng để tính gần đúng khe hở z giữa chày và cối của khuôn dập vuốt nếu ta coi $z = s_K$. Giá trị chính xác hơn của khe hở z được xác định theo bảng trong sổ tay, chính vì vậy trạng thái biến dạng trong ổ biến dạng khi dập vuốt là không giống nhau, nó phụ thuộc vào tỷ số của các ứng suất pháp chính (hình 4.11b). Do đó chiều dày của thành chi tiết sau khi dập vuốt không đồng đều dọc theo chiều cao: tại mép trên cùng chiều dày của chi tiết là lớn nhất, còn tại phần bán kính lượn của đáy chiều dày của nó là nhỏ nhất; tại đáy chi tiết chiều dày của nó hầu như không thay đổi so với chiều dày phôi ban đầu (hình 4.11b).

Mặt cắt ngang của chi tiết tại vùng có chiều dày nhỏ nhất được gọi là mặt cắt ngang nguy hiểm, tại đó chi tiết thường bị phá huỷ như bị đứt đáy hoặc rách (hình 4.12). Ngoài ra cũng còn một tiết diện nguy hiểm nữa là các lớp kim loại ở phần vành, tại đó kim loại bị hoá bền ít hơn so với các lớp kim loại ở các tiết diện ngang khác.



Hình 4.12. Chi tiết bị đứt, rách và nhăn khi dập vuốt.

Nếu mức độ biến dạng không vượt quá mức cho phép thì chiều dày thành tại tiết diện nguy hiểm có thể xác định một cách gần đúng như sau:

$$S_{\min} = \frac{S}{\left(\frac{R_o}{r}\right)^{2r_c}} \quad (4-10)$$

Công thức (4-10) có nhược điểm là không tính đến ảnh hưởng của cơ tính vật liệu phôi đến chiều dày nhỏ nhất của tiết diện nguy hiểm: S_{\min} .

Trong điều kiện biến dạng thực tế có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến đặc tính phân bố ứng suất khi dập vuốt như: sự hoá bền của kim loại; lực ma sát tiếp xúc; sự uốn và nắn thẳng các phần tử của phôi khi bị kéo vào trong cối; sự dị hướng về cơ tính của kim loại v.v...

Trong một số tài liệu kỹ thuật đã đề cập đến việc tính toán các yếu tố ảnh hưởng trên nhờ phương pháp sử dụng đường cong hoá bền, người ta đã nhận được công thức để xác định ứng suất kéo hướng kính lớn nhất tại ổ biến dạng ở thời điểm bất kỳ khi dập vuốt kim loại đẳng hướng:

$$\sigma_{\rho\max} = \sigma_b \left[\frac{1}{1-\psi} \cdot \left(\frac{x}{\psi}\right)^{\frac{\psi}{1-\psi}} \left(\ln \frac{R_o}{x} - x \right) + \frac{\mu Q}{\pi R_o S \sigma_b} + \frac{S}{2r_c + S} \right] (1 + 1,6\mu) \quad (4-11)$$

trong đó:

$x = \frac{R_o - R}{R_o}$ - sự dịch chuyển tương đối của mép vành trong quá trình dập vuốt;

ψ - độ co thắt tỷ đối khi kéo;

S - chiều dày phôi;

σ_b - giới hạn bền của vật liệu phôi;

r_c - bán kính lượn của cối;

μ - hệ số ma sát tiếp xúc;

Q - lực chặn phôi.

Số hạng đầu của công thức (4-11) trên là ứng suất gây ra bởi trở lực biến dạng của phần vành phôi có tính đến sự hoá bền của kim loại; còn số hạng thứ hai là ứng suất phát sinh để khắc phục lực ma sát tiếp xúc trên bề mặt cối và tấm chặn; số hạng thứ 3 là ứng suất do sự uốn và nắn thẳng phôi khi kéo vào trong cối. Số nhân $(1 + 1,6\mu)$ là phần tính đến sự ảnh hưởng của ứng suất kéo tự do phải khắc phục lực ma sát tiếp xúc trên mép lượn của cối.

Trong công thức (4-11) ta thấy khi x tăng thì số nhân đầu tiên của số hạng thứ nhất tăng lên, còn số nhân thứ hai thì giảm đi. Do đó khi khảo sát hàm số này cần phải có giá trị cực trị. Điều đó được giải thích là khi kéo phôi vào trong cối, bán kính phần vành phôi R sẽ giảm đi và khi đó giá trị $\sigma_{\rho\max}$ cũng sẽ giảm đi. Cùng với sự giảm bán kính R thì mức độ

biến dạng sẽ tăng lên, dẫn đến sự tăng ứng suất chảy do quá trình hoá bền kim loại và do đó làm tăng σ_{pmax} .

Do trong quá trình dập vuốt σ_{pmax} thay đổi không đơn điệu và giá trị cực đại của nó đạt được ở một thời điểm trung gian nào đó khi $R_0 > R > r$. Khảo sát công thức (4-11) về giá trị cực đại và cực tiểu, cho phép chúng ta xác định được giá trị cực trị của sự dịch chuyển tương đối của phần vành:

$$x^{cực\ tri} = (R_0 - R^{cực\ tri}) / R_0 = \psi \cdot \ln(R_0/r) \quad (4-12)$$

trong đó: $R^{cực\ tri}$ - bán kính cực trị của vành.

Từ công thức (4-12) chúng ta có:

$$R^{cực\ tri} = R_0 \left(1 - \psi \ln \frac{R_0}{r} \right) \quad (4-12a)$$

Bán kính cực trị của vành càng nhỏ thì mật độ hoá bền của phôi càng cao, đặc trưng bởi trị số ψ và mức độ biến dạng càng lớn đặc trưng bởi tỷ số lôgarit R_0/r . Khi $\psi = 0,2$ và $R_0/r = 2$ thì bán kính cực trị của vành $R^{cực\ tri} = 0,86R_0 = 1,72r$

Những kết quả này là do các số liệu thực nghiệm. Nếu thay giá trị cực trị của x (theo công thức (4-12)) vào công thức (4-11) chúng ta sẽ có giá trị cực trị của ứng suất kéo hướng kính σ_{pmax} :

$$\sigma_{pmax}^{cực\ tri} = \sigma_b \left[\ln \left(\frac{R}{r} \right)^{\frac{1}{1-\psi}} + \frac{\mu Q}{\pi R S \sigma_b} + \frac{S}{2r_c + S} \right] (1 + 1,6\mu) \quad (4-13)$$

Khi giảm tỷ số bán kính phôi và bán kính của chi tiết dập vuốt (đối với vật liệu dẻo $R_0/r < 2$) toàn bộ phần vành phôi bị kéo vào trong cối mà không bị phá huỷ, thì khi đó $\sigma_p^{cực\ tri} < \sigma_S$. Khi dập vuốt với mức độ biến dạng lớn hơn ($R_0/r > 2$) ứng suất cực trị $\sigma_p^{cực\ tri}$ có thể đạt giá trị của ứng suất chảy σ_S , nó được xác định bằng thực nghiệm tại thời điểm dứt đáy chi tiết và bằng $(1,1 \div 1,2) \sigma_b$. Một cách gần đúng có thể coi $\sigma_{pmax}^{cực\ tri} \approx \sigma_b$. Trong trường hợp này nếu không bị phá huỷ thì chỉ có thể dập vuốt không hoàn toàn và được gọi là dập vuốt chỉ tiết có vành rộng.

Tại thời điểm dứt đáy chi tiết, phần vành có một trị số bán kính vành tới hạn $R_{tới\ hạn}$. Trị số bán kính vành tới hạn có thể xác định một cách gần đúng từ điều kiện: $\sigma_{pmax}^{cực\ tri} \approx \sigma_b$.

Nếu sử dụng công thức (4-11) và có thể coi $\ln \frac{R_0}{x} - x \approx \ln \frac{R_0}{x}$ thì có thể xác định được trị số dịch chuyển tương đối tới hạn của phần vành $x_{tới\ hạn}$:

$$x_{tới\ hạn} = \psi \left[\frac{1-\psi}{\ln \frac{R_0}{r}} \left(\frac{1}{1+1,6\mu} \right) - \frac{\mu Q}{\pi R_0 S \sigma_b} - \frac{S}{2r_c + S} \right]^{\frac{1-\psi}{\psi}} \quad (4-14)$$

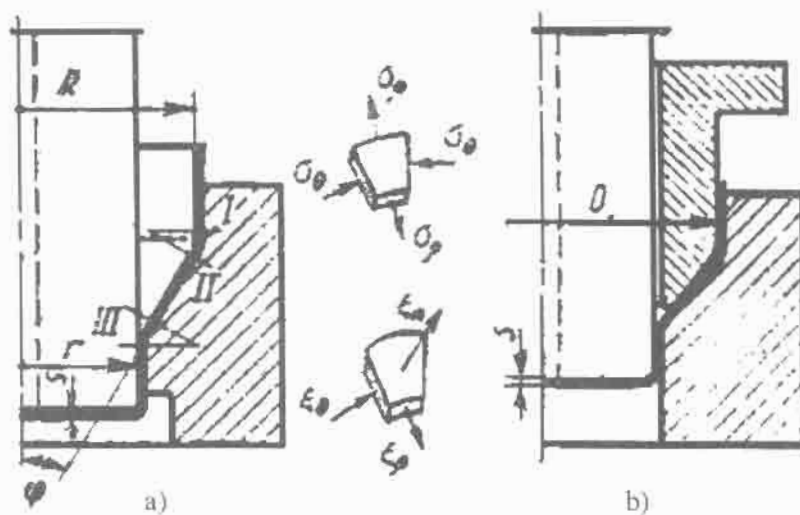
Từ công thức (4-14) chúng ta có bán kính tối hạn của vành:

$$R_{th} = R_0(1 - x_{th})$$

Nếu bán kính vành của chi tiết dập vuốt lớn hơn bán kính tối hạn ($R > R_{th}$) thì chi tiết đó được gọi là chi tiết có vành rộng. Khi dập vuốt chi tiết có vành rộng, mức độ biến dạng sẽ lớn hơn so với khi dập vuốt chi tiết không có vành (với điều kiện kéo toàn bộ phôi vào trong cối) hoặc chi tiết có vành nhưng bán kính vành của nó nhỏ hơn bán kính tối hạn. Đặc điểm công nghệ khi dập vuốt chi tiết có vành rộng sẽ được khảo sát ở phần sau.

Các bước dập vuốt tiếp theo thường được thực hiện trong các cối có phân côn. Để cho phôi hình trụ nhận được từ nguyên công đầu có thể dập vuốt được ở các nguyên công tiếp theo, đối với phôi dày có $(S/D) \times 100 \geq (5 + 7)(1 - m)$ thì có thể không cần chặn phôi, còn khi: $(S/D) \times 100 < (5 + 7)(1 - m)$ thì cần phải có chặn phôi (trong đó: $m = d/D$ - hệ số dập vuốt).

Khi dập vuốt những nguyên công tiếp theo, ổ biến dạng bao gồm ba phần vòng: hai phần vòng xuyên I, III và một phần vòng côn II, được giới hạn bởi các bán kính $R_{phôi}$ và r (hình 4, 13).



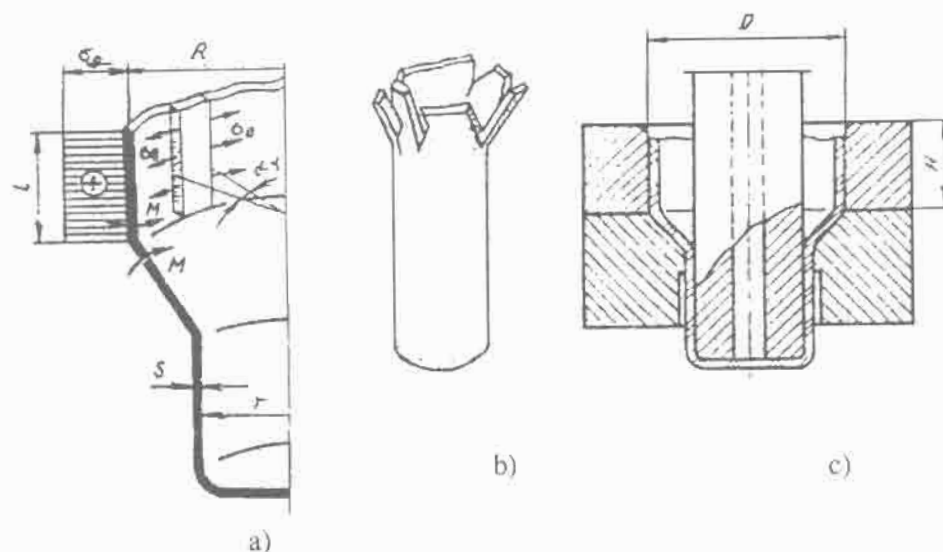
Hình 4.13. Các giai đoạn của quá trình dập vuốt tiếp theo:

a- không có chặn phôi, b- có chặn phôi.

Ở các giai đoạn của quá trình dập vuốt độ dài của ổ biến dạng hầu như không thay đổi, trong khi ở bước dập vuốt đầu tiên do sự kéo phôi vào trong cối, ổ biến dạng dẹt bị co ngắn.

Mức độ biến dạng ở nguyên công dập vuốt tiếp theo cần phải nhỏ hơn so với nguyên công đầu tiên vì phôi đã bị biến cứng (hóa bền) có ứng suất chảy thay đổi và sự thay đổi chiều dày thành theo chiều cao.

Một trong những phương án giải bài toán về sự phân bố ứng suất tại thời điểm xác định của quá trình dập vuốt trên cơ sở lý thuyết sau khi xác định được sự phân bố ứng suất ở ba phần tử hình học đơn giản của ổ biến dạng: I, II và III (hình 4.13).



Hình 4.14. Đặc điểm của quá trình dập vuốt ở nguyên công trung gian:

a- biểu đồ phân bố ứng suất kéo; b- các vết nứt dọc; c- cối có bề mặt tích cực.

Kết hợp giải các phương trình cân bằng và phương trình dẻo của mỗi phần ổ biến dạng riêng biệt và sử dụng điều kiện biên ở ranh giới của các vùng này chúng ta nhận được công thức để xác định ứng suất kéo hướng kính lớn nhất: σ_{pmax} sinh ra khi dập vuốt một phôi rỗng trong khuôn không có chặn vật liệu:

$$\sigma_{pmax} = \sigma_{Stb} \left[\left(1 - \frac{r}{R_{ph}}\right) (1 + \mu \cot \varphi) + \sqrt{\frac{s}{2R_{ph}}} \sin \varphi + \frac{s}{2r_c + s} \right] (1 + 1,6\mu) \quad (4-15)$$

trong đó: R_{ph} - bán kính phôi;

r_c - bán kính lượn của cối.

Ứng suất chảy trung bình: σ_{Stb} tại ổ biến dạng có thể được xác định dựa vào đường tiếp tuyến với đường cong hoá bền loại một:

$$\sigma_{Stb} = \sigma_{To} + 0,5\Pi(1 - r/R_{ph})$$

Phân tích công thức (4-15) chúng ta có thể suy ra rằng: sẽ tồn tại một góc nghiêng tối ưu của cối để dập vuốt sao cho khi đó σ_{pmax} là nhỏ nhất.

Giá trị gần đúng của góc tối ưu có thể được xác định như sau:

$$\sin \varphi_{\text{tối ưu}} = \sqrt{\mu \left(1 - \frac{r}{R_{\text{ph}}}\right)} \sqrt{\frac{2R_{\text{ph}}}{s}} \quad (4-16)$$

Tuỳ theo điều kiện biến dạng, góc tối ưu của cối đập vuốt thay đổi từ $(10 \div 35)^\circ$. Khi đập vuốt các nguyên công trung gian có thể thực hiện trong các cối hình côn cũng như trong các cối hình trụ có bán kính lượn ở phần cửa vào (dạng hình xuyên) như khi đập vuốt chi tiết hình trụ có vành rộng hoặc đập vuốt trên băng (mục 4.6).

Ở một thời điểm xác định, khi tiếp tục đập vuốt (nguyên công 2) trong cối hình côn sẽ xảy ra sự thay đổi độ cong của bề mặt trung bình theo đường sinh của phôi gây ra mô men uốn ở vùng giới hạn giữa biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo. Khi đó, trong phần hình trụ của phôi chưa bị kéo vào trong cối sẽ có ứng suất kéo tiếp tuyến σ_θ có thể sẽ gây ra những vết nứt dọc trong điều kiện nhất định. Sự hoá bền do biến dạng của phôi sau khi đập vuốt lần đầu làm cho tính dẻo của nó bị giảm đi cũng góp phần tạo thành những vết nứt dọc đó.

Nếu coi ứng suất σ_θ là không đổi theo chiều cao của vùng đàn hồi dọc theo chiều cao h của phôi thì giá trị của nó có thể xác định từ điều kiện cân bằng momen uốn tác dụng tại biên giới giữa vùng đàn hồi và vùng dẻo của phôi:

$$0,25\sigma_s s^2 R_{\text{ph}} d\gamma = \sigma_\theta s l^2 \sin \frac{d\gamma}{2}$$

trong đó: - $d\gamma$: góc phân tố ở tâm phôi (hình 4.14 a).

Nếu coi $\sin \frac{d\gamma}{2} = \frac{d\gamma}{2}$ và thay vào công thức trên chúng ta có:

$$\begin{aligned} \sin \frac{d\gamma}{2} &= \frac{d\gamma}{2} \\ \sigma_\theta &= \sigma_s R_{\text{ph}} \frac{s}{2l^2} \end{aligned} \quad (4-17)$$

Như vậy theo công thức (4-17) chiều cao l của vùng đàn hồi sẽ giảm dần khi phôi bị kéo vào trong cối do đó ứng suất σ_θ sẽ tăng dần lên. Khi ứng suất σ_θ đạt giá trị ứng suất chảy σ_s thì chiều cao của phần phôi chưa bị kéo vào trong cối sẽ là:

$$L = \sqrt{\frac{S R_{\text{ph}}}{2}} \quad (4-18)$$

Chính vì vậy phần mép trên của phôi sẽ bị biến dạng dẻo trước khi đi vào phần hình côn của cối (bởi vì $l > 0$) khi đó đường kính của phôi tăng lên một chút.

Những nghiên cứu của I. A. Norusin đã chỉ ra rằng: ứng suất kéo σ_θ xuất hiện trong phần phôi chưa bị kéo vào trong cối, trong điều kiện nhất định có thể gây ra những vết nứt dọc, dọc theo đường sinh của phôi (hình 4.14b).

Để ngăn ngừa khả năng tạo vết nứt, người ta đã đặt vào cối để đập vuốt một mặt tích cực dưới dạng vòng đệm có chiều cao $H = 0,4D_0$ (hình 4.14c), nhằm chống lại sự xuất hiện

của biến dạng theo hướng kính. Việc sử dụng cốt có vòng đệm tích cực cho phép tiến hành dập vuốt nhiều nguyên công mà không cần phải ủ trung gian.

4.4. TÍNH TOÁN CÔNG NGHỆ

4.4.1. Kích thước và hình dạng của phôi

Xuất phát từ giả thiết rằng: diện tích bề mặt của chi tiết đã được dập vuốt tăng lên do sự biến mỏng cân bằng với phần diện tích bề mặt của nó bị giảm đi do sự tăng dày của phần thành, nghĩa là diện tích bề mặt của chi tiết không bị thay đổi so với diện tích bề mặt của phôi (khi dập vuốt không biến mỏng):

$$F_{\text{chi tiết}} = F_{\text{phôi}}$$

Nếu điều kiện này không được chấp nhận, thì người ta thêm vào một hệ số điều chỉnh: f_{dc} để tính đến sự thay đổi trung bình của diện tích bề mặt phôi trong quá trình dập vuốt. Hệ số điều chỉnh: f_{dc} có thể được xác định dựa vào công thức kinh nghiệm, gần đúng của Söpmán:

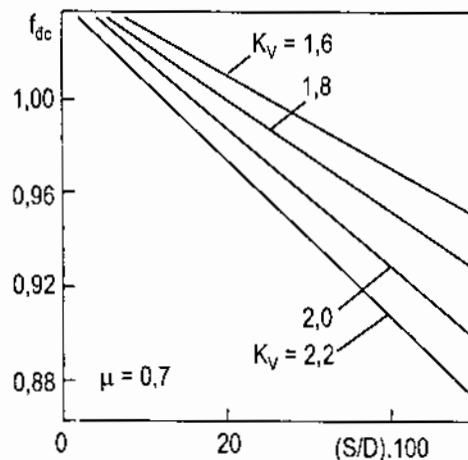
$$f_{dc} = \frac{F_{\text{phôi}}}{F_{\text{chi tiết}}} = \frac{1}{0,95 + 0,8\mu \frac{S}{r_{cốt}} K_v^2} \quad (4-19)$$

Như vậy mức độ dập vuốt $K_v = D_{\text{phôi}}/d$ có ảnh hưởng nhiều nhất tới sự thay đổi của hệ số điều chỉnh f_{dc} . Mức độ dập vuốt K_v càng lớn thì hệ số f_{dc} càng nhỏ.

Tùy theo tỷ số của các thông số trong công thức (4-19) hệ số điều chỉnh f_{dc} có thể thay đổi hoặc lớn hơn 1, hoặc nhỏ hơn 1 và cũng có thể bằng 1, (hình 4.15), do đó diện tích bề mặt của chi tiết sau khi dập vuốt có thể tăng lên ($f_{dc} < 1$) hoặc giảm đi ($f_{dc} > 1$) hoặc không thay đổi ($f_{dc} = 1$) so với diện tích bề mặt của phôi ban đầu.

Sở dĩ như vậy là do có sự thay đổi của các thông số K_v , μ , và $r_{cốt}$ làm thay đổi cả ứng suất kéo hướng kính và ứng suất nén tiếp tuyến σ_p và σ_θ , do đó làm thay đổi kích thước của phần vành của chi tiết dập vuốt tùy theo ứng suất kéo lớn hơn hay ứng suất nén lớn hơn. Cuối cùng là do có sự biến mỏng hoặc biến dày của phần vành làm cho diện tích bề mặt của chi tiết sau khi dập vuốt hoặc tăng lên hoặc giảm đi.

Đối với các chi tiết có dạng tròn xoay thì phôi đương nhiên có dạng hình tròn, vì vậy điều kiện cân bằng diện tích bề mặt giữa phôi và chi tiết khi chiều dày phôi không đổi có dạng sau:



Hình 4.15. Sự phụ thuộc của hệ số điều chỉnh vào chiều dày tương đối của phôi.

$$F_{\text{chỉ tiết}} = 0,785 \cdot D_{\text{phôi}}^2$$

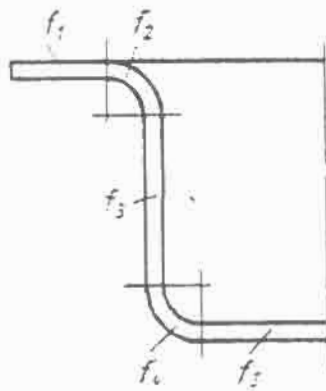
Do đó đường kính phôi sẽ là:

$$D_{\text{phôi}} = 1,13 \sqrt{F_{\text{chỉ tiết}}} \quad (4-20)$$

Diện tích bề mặt chỉ tiết: $F_{\text{chỉ tiết}}$ được xác định bằng tổng diện tích của các phần tử hình học đơn giản tạo thành chỉ tiết (hình 4.16). Đường kính phôi được xác định như sau:

$$D_0 = 1,13 \sqrt{F_1 + F_2 + \dots + F_n} = 1,13 \sqrt{\sum_{i=1}^n F_i} \quad (4-21)$$

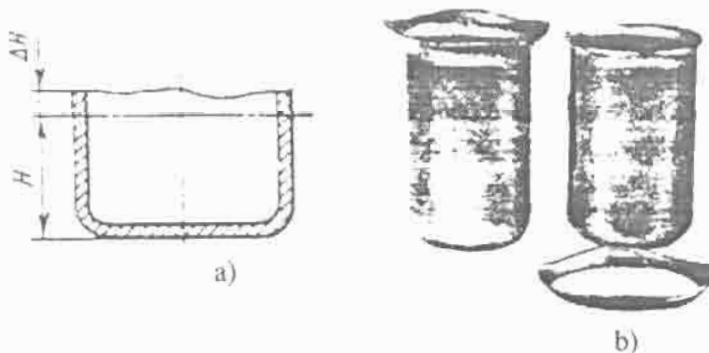
trong đó: F_1, F_2, \dots, F_n - diện tích hình học của các phần tử hình học đơn giản tạo thành chỉ tiết.



Hình 4.16. Sơ đồ phân chia bề mặt chỉ tiết thành các phần tử hình học đơn giản.

Khi tính toán đường kính phôi để dập vuốt chỉ tiết đối xứng trục cần phải tính lượng dư để cắt mép có dạng sóng do tính dị hướng của vật liệu phôi tạo ra.

Phần nhô lên của mép chỉ tiết thường có chiều cao khoảng 20% so với chiều cao của chỉ tiết và thường phân bố đối xứng so với hướng cán (hình 4.17a).

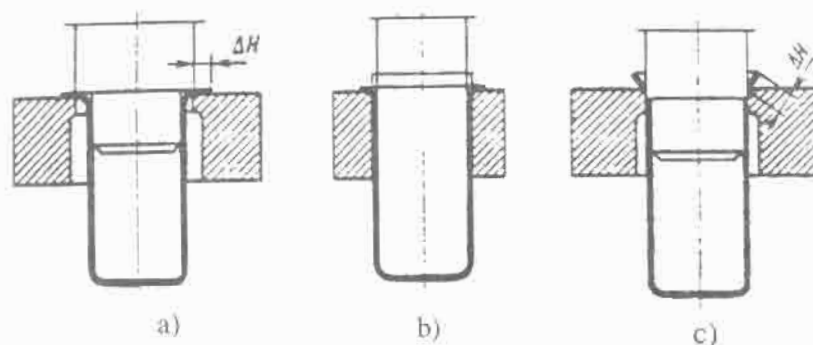


Hình 4.17. Chi tiết có các phần "tai" không đều.

Sự phân bố của các phần “tai” tùy thuộc vào tính chất của vật liệu phôi, chế độ cán, và chế độ nhiệt luyện tấm cán. Khi dập vuốt các chi tiết từ các tấm cán nguội với mức độ ép nhỏ hơn 30% sau đó ủ kết tinh lại thì các “tai” thường được tạo ra dưới góc 45° , còn khi ép với lượng ép lớn hơn các “tai” thường tạo ra dưới góc 0° và 90° so với hướng cán của tấm. Khi dập vuốt các chi tiết bằng thép thì các “tai” thường phân bố ở các góc 0° và 90° , còn khi dập các chi tiết bằng hợp kim nhôm hoặc đồng thau thì các “tai” thường phân bố ở góc 45° so với hướng cán của tấm.

Tính dị hướng ban đầu của các tấm cán nguội (từ đó cấu thành các tấm phôi) sẽ tạo thành các thớ, đó là sự định hướng bền vững nhất của các hạt tinh thể kim loại. Trong quá trình biến dạng các hạt kim loại và tạp chất phi kim loại có dạng bị kéo dài, do đó tạo thành cấu trúc dạng chuỗi được xác định trước bởi tính dị hướng của kim loại.

Sau khi dập vuốt, thường tiến hành cắt mép để cắt bỏ phần tai, trị số lượng dư gia công để cắt mép ΔH tùy thuộc vào tỷ số giữa đường kính và chiều cao của chi tiết, chiều dày S của phôi. Qua kinh nghiệm thực tế thì $\Delta H \approx (5 + 20)\%$ so với chiều cao chi tiết. Nếu chiều cao tương đối h/d và chiều dày S của phôi càng lớn thì lượng dư để cắt mép càng lớn.



Hình 4.18. Các phương pháp cắt mép:

a, b- cắt vênh sau đó dập vuốt tiếp, c- cắt mép bằng khuôn.

Việc cắt mép được thực hiện bởi chày bậc bao gồm phần làm việc và phần định vị. Phần định vị có đường kính nhỏ hơn $0,2 \div 0,3$ mm so với đường kính của chi tiết (hình 4.18a).

Khi cắt mép, đường kính của cối bằng hiệu số giữa đường kính ngoài của vành chi tiết và hai lần lượng dư cắt mép ($d_{cối} = d_n - 2\Delta H$). khi đó sau khi cắt cần phải có nguyên công phụ để dập vuốt lại phần mép của chi tiết (hình 4.18b) Trường hợp cắt mép theo sơ đồ hình 4.18c đường kính của cối cắt bằng đường kính ngoài của chi tiết. Khi chày đi xuống sẽ cắt bỏ phần mép không đều của chi tiết, sau đó chày này sẽ đẩy chi tiết chui qua cối dập vuốt (hình 4.18c).

Nếu chi tiết được dập vuốt sau một nguyên công thì việc cắt mép có thể phối hợp cùng với nguyên công dập vuốt trong cùng một khuôn. Trong trường hợp này mép làm việc của cối cần phải có bán kính lượn bằng mà không nhỏ hơn $6 \div 8$ lần chiều dày phôi:

$$r_c = (6 \div 8) S$$

Một trong những phương pháp để giảm sự không đồng đều về chiều cao của chi tiết dập vuốt là sử dụng phôi có hình dạng phức tạp, kích thước và hình dạng của nó được xác định có tính đến sự dị hướng của kim loại. Kích thước của phôi được xác định từ điều kiện cân bằng thời gian dịch chuyển của các chất điểm K và M nằm trên đường bao của phôi dọc theo các trục đối xứng của các phần tai và phần lõm đến đường bao của lỗ cối (hình 4.19a). Từ điều kiện này chúng ta nhận được công thức để xác định bán kính cung tiếp tuyến với phần lõm:

$$\frac{R_x}{R_{cối}} = \left[1 + \frac{(2 + f_\phi) \cdot (K^{2+f_B} - 1)}{2 + f_B} \right]^{\frac{1}{2+f_\phi}}$$

trong đó: $R_{cối}$ - bán kính của lỗ cối.

Các giá trị: f_ϕ , f_B phụ thuộc vào sự phân bố các phần tử và các rãnh lõm đối với hướng cán của tấm, chúng được xác định theo công thức:

$$f_{0^\circ} = -1(1 + R_{90}^*);$$

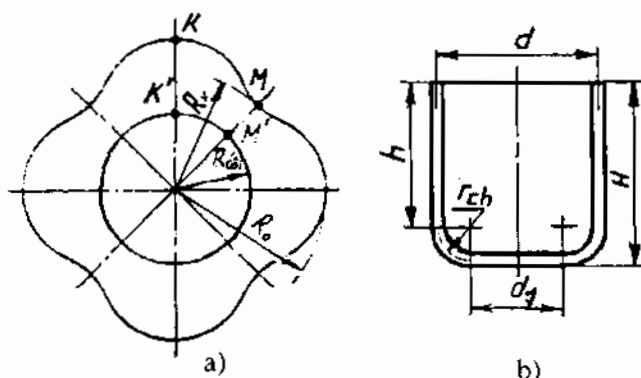
$$f_{90^\circ} = -1(1 + R_0^*);$$

$$f_{45^\circ} = -1(1 + R_{45}^*).$$

Khi dập vuốt chi tiết hình trụ bằng thép 08KII các phần tai thường phân bố song song và vuông góc với hướng cán còn các phần lõm phân bố dưới góc 45° so với hướng cán, do đó: $f_\phi = f_0$ và $f_B = f_{45^\circ}$.

Bán kính R_0 được xác định từ điều kiện cân bằng diện tích bề mặt (diện tích bề mặt không đổi). Bán kính R_0 và R_x được xác định là kích thước lớn nhất và nhỏ nhất của phôi. Khi dập vuốt với phôi loại này thì các tai hầu như không có. Đường bao của phôi được xây dựng với việc sử dụng phương trình cosin có biên độ bằng $\frac{1}{2}(R_0 - R_x)$ và chu kỳ $\frac{\pi}{2}$ (hình 4.19 a). Khi cắt phôi phần lõm bố trí dọc và ngang hướng cán. Sử dụng phôi loại này để dập vuốt chi tiết hình trụ sẽ giảm được (15 ÷ 20%) phế liệu kim loại. Tuy nhiên giá thành của khuôn cắt tăng lên.

Để giảm sự ảnh hưởng của tính dị hướng kim loại đến sự không đồng đều chiều cao chi tiết khi dập vuốt, ngoài việc sử dụng phôi có hình dạng phức tạp người ta còn sử dụng cối với mép lượn có độ cong thay đổi (dọc theo đường bao của lỗ cối) hoặc nung nóng không đều phần vành phôi, hoặc thay đổi áp lực chặn theo đường bao của cối ...



Hình 4.19. Phôi có hình dạng phức tạp để dập chi tiết hình trụ không có tai.

Khi xác định đường kính của phôi để dập vượt các chi tiết có chiều dày thành nhỏ hơn 2 mm, chúng ta có thể sử dụng kích thước ngoài của chi tiết. Còn khi chiều dày lớn hơn 2 mm, tính theo kích thước trung bình của chi tiết.

Ví dụ: Xác định đường kính của phôi để dập vượt chi tiết hình trụ không có vành có tính đến lượng dư để cắt mép ΔH (như trên hình 4.19b) xuất phát từ điều kiện cân bằng diện tích bề mặt giữa phôi và chi tiết ta có:

$$\frac{\pi D_0^2}{4} = \frac{\pi d_1^2}{4} + 4 \frac{\pi d}{4} (h + \Delta H) + \frac{\pi}{4} (2\pi d_1 r_{ch} + 8r_{ch}^2) \quad (4-22)$$

Do đó:

$$D_0 = \sqrt{d_1^2 + 4d(h + \Delta H) + 2r_{ch}(\pi d_1 + 4r_{ch})} \quad (4-22a)$$

Đường kính phôi có thể xác định một cách gần đúng theo công thức đơn giản hơn (nếu coi $r_{ch} = 0$; $h = H$; $d_1 = d$)

$$D_0 = \sqrt{d^2 + 4.d.H} = \sqrt{d(d + 4H)} \quad (4-22b)$$

Khi đó lượng dư cắt mép ΔH không tính đến bởi vì với d và H không đổi thì khi $r_{ch} = 0$ diện tích bề mặt của chi tiết sẽ tăng lên so với khi $r_{ch} \neq 0$.

Kích thước của phôi để dập vượt chi tiết tròn xoay được tạo ra bởi một đường cong phức tạp được xác định bằng hai phương pháp:

- Phương pháp biểu đồ giải tích.
- Phương pháp biểu đồ thuần túy.

1-A) PHƯƠNG PHÁP BIỂU ĐỒ GIẢI TÍCH

* Định lý Gungiena-Papysa: Diện tích bề mặt của một vật thể tròn xoay được tạo ra bởi một đường cong phẳng bất kì khi quay quanh một trục cũng nằm trên mặt phẳng đó bằng tích số giữa độ dài của đường sinh (độ dài đường cong) với chu vi vòng tròn có bán kính bằng khoảng cách từ trọng tâm của đường cong đến trục quay (hình 4.20).

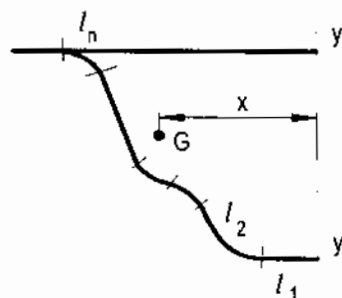
$$F_{\text{cht}} = L \cdot 2 \cdot \pi \cdot x$$

L - độ dài đường cong.

$$L = l_1 + l_2 + \dots + l_n$$

$$L = \sum_{i=1}^n l_i$$

x - khoảng cách từ trọng tâm của đường cong đến trục quay.



Để thuận lợi cho quá trình tính toán, người ta chia đường cong thành vô số các đoạn nhỏ và có thể coi là các đoạn thẳng.

Hình 4.20. Xác định độ dài đường cong và diện tích mặt tròn xoay phức tạp.

Phương pháp biểu đồ giải tích là sự kết hợp dùng biểu đồ để xác định độ dài của các đoạn cong (được coi là các đoạn thẳng) và khoảng cách từ trọng tâm của các đoạn cong này đến trục quay, sau đó dùng phương pháp giải tích để xác định đường kính của phôi. Đường cong được vẽ với tỉ lệ thích hợp, từ đó chúng ta chia đường cong thành các đoạn nhỏ (có thể coi là các đoạn thẳng) hoặc các phần tử đơn giản. Sau đó xác định độ dài của các phần tử và khoảng cách từ trọng tâm của các phần tử đến trục quay.

Khi đó chúng ta dễ dàng tìm được diện tích bề mặt của chi tiết bằng tổng diện tích của các phần tử đơn giản tạo thành chi tiết:

$$F_{\text{chtiết}} = 2\pi (l_1 r_1 + l_2 r_2 + \dots + l_n r_n) = 2\pi R_{\text{tb}} L$$

trong đó:

l_1, l_2, \dots, l_n - độ dài của các phần tử;

r_1, r_2, \dots, r_n - khoảng cách từ trọng tâm của các phần tử đến trục quay.

$$L = l_1 + l_2 + \dots + l_n = \sum_{i=1}^n l_i$$

Nếu $l_1 = l_2 = \dots = l_n = l$ thì $L = n \cdot l$

$$R_{\text{tb}} = \frac{r_1 + r_2 + \dots + r_n}{n}$$

thay vào trên ta có:

$$F_{\text{chtiết}} = \frac{2\pi(r_1 + r_2 + \dots + r_n) \cdot n \cdot l}{n}$$

Vậy:

$$D_o = \sqrt{8(r_1 + r_2 + \dots + r_n) \cdot l} \quad (4-23)$$

1-B) PHƯƠNG PHÁP BIỂU ĐỒ THUẦN TUÝ

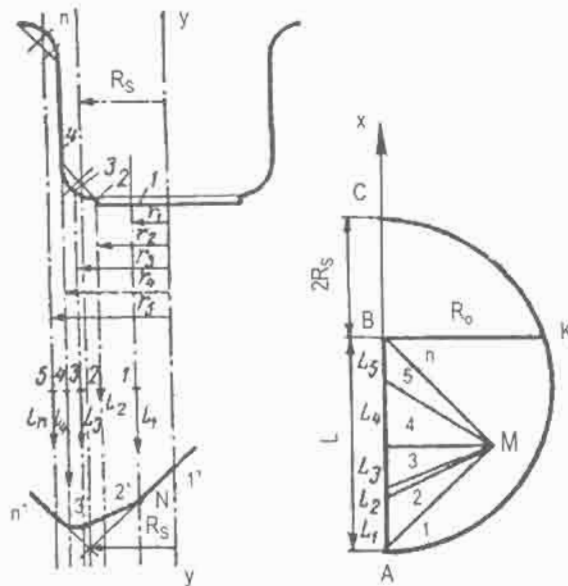
Phương pháp này cho phép xác định được kích thước của phôi ngay trên biểu đồ.

Đường cong được vẽ với tỷ lệ thích hợp và chia thành các phần tử riêng biệt (các đoạn thẳng và các đoạn cung tròn). Qua trọng tâm của các phần tử vẽ các đường thẳng song song

với trục quay. Xác định độ dài của các phần tử: l_1, l_2, \dots, l_n .

Từ nửa đường thẳng song song với trục quay: Ax ở ngoài, ta đặt liên tiếp độ dài của các phần tử $\sum_{i=1}^n l_i = L$. Sau đó từ một điểm M bất kỳ ở ngoài Ax kẻ các tia: 1, 2, 3 ... n đến đầu mút các phần tử $l_1, l_2 \dots l_n$.

Tại một điểm N bất kỳ trên đường thẳng qua trọng tâm của phần tử thứ nhất ta kẻ các tia 1' và 2' song song với tia 1 và tia 2. Qua giao điểm của tia 2' với đường thẳng qua trọng tâm của phần tử thứ hai, ta kẻ tia 3' song song với tia 3. Cứ như vậy cho đến khi ta có tia n' song song với tia n. Các tia giới hạn 1' và n' cắt nhau tại S. Khoảng cách từ điểm S đến trục quay chính là khoảng cách từ trọng tâm của đường cong đến trục quay: R_s (hình 4.21).



Hình 4.21. Phương pháp biểu đồ xác định đường kính phổi khi dập vuốt chi tiết tròn xoay.

Như vậy theo định lý Gungiena-Papusa ta có diện tích bề mặt của chi tiết sẽ là:

$$F_{ch/t} = L.2\pi.R_s$$

Từ sự cân bằng diện tích bề mặt giữa phổi và chi tiết ta có:

$$F_{phôi} = \pi \cdot \frac{D_0^2}{4} = L.2\pi.R_s$$

$$D_0 = 2.R_0 \Rightarrow R_0^2 = 2.R_s.L$$

Trên nửa đường thẳng Ax đặt tiếp một đoạn thẳng $BC = 2R_s$ nối tiếp với L. Vẽ nửa đường tròn đường kính AC và đoạn $BK \perp AC$ tại B. Độ dài của đoạn $BK = R_0$, chính là bán

kính phôi để dập vuốt chi tiết tròn xoay được tạo ra bởi đường cong quay quanh trục yy (K là giao điểm của đường vuông góc với AC tại B với nửa đường tròn đường kính AC). Ngày nay chúng ta có thể sử dụng các phần mềm tính toán để xác định diện tích của các bề mặt vật thể.

4.4.2. Lực và công biến dạng, lực chặn phôi

a- Lực biến dạng

Lực biến dạng ở giai đoạn đầu của quá trình tạo hình là một hàm số phụ thuộc vào góc ôm α (hình 4.22).

$$P_{\alpha} = 2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot S \cdot \sigma_{p,max} \cdot \sin \alpha$$

trong đó: $\rho = r - r_{ch} (1 - \sin \alpha)$.

$$r = \frac{d}{2}$$

Từ công thức trên có thể suy ra rằng khi góc α dẫn đến 0 thì lực biến dạng cũng dẫn đến 0 ngay cả khi $\sigma_{p,max}$ có giá trị lớn. Điều đó là do hình chiếu của các lực thành phần gây ra bởi ứng suất $\sigma_{p,max}$ lên trục của chày là rất nhỏ.

Cùng với việc kéo phôi vào trong cối, góc α dẫn tiến đến $\pi/2$. Sau khi đạt được giá trị này thực tế nó vẫn không thay đổi và không ảnh hưởng đến lực.

Khi góc α tăng, hình chiếu của vectơ $\sigma_{p,max}$ lên trục của chày cũng tăng lên và đạt giá trị cực đại khi góc $\alpha = \pi/2$.

$$P_{max} = 2\pi r \cdot S \cdot \sigma_{p,max} \quad (4-24)$$

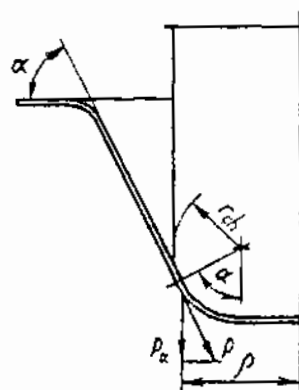
Nếu thay giá trị của $\sigma_{p,max}$ theo công thức (4-3), (4-13), (4-15) vào (4-24) chúng ta có thể nhận được các công thức để xác định lực biến dạng khi có chặn và không có chặn phôi ở nguyên công dập vuốt lần đầu và nguyên công dập vuốt tiếp theo.

Trong trường hợp cần phải lựa chọn thiết bị theo thông số lực, thì lực biến dạng được xác định một cách gần đúng theo công thức đơn giản hơn. Chẳng hạn lực dập vuốt có thể xác định bằng tích số giữa ứng suất kéo hướng kính lớn nhất tại ổ biến dạng dẻo trong điều kiện thực tế của quá trình dập vuốt (công thức 4.5) với diện tích tiết diện ngang của chi tiết có đường kính d . Sau khi thay vào công thức (4-5) $\sigma_s = \sigma_b$ và khai triển thành chuỗi lôgarit của tỉ số D_0/d (chỉ chú ý số hạng đầu tiên của chuỗi) chúng ta có được công thức để xác định lực biến dạng:

$$P = \pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_b (K - 1) \quad (4-25)$$

trong đó $K = D_0/d$ - mức độ dập vuốt ($K = 1/m$)

Ảnh hưởng của sự hoá bền và lực ma sát trong công thức này với mức độ nhất định



Hình 4.22. Sơ đồ tác dụng lực ở giai đoạn đầu của quá trình dập vuốt.

được tính đến bởi $(D_0/d - 1) > \ln(D_0/d)$ và $\sigma_b > \sigma_s$.

Theo Romanopski lực biến dạng được xác định bằng tích của σ_b với diện tích tiết diện ngang của chi tiết và hệ số điều chỉnh ξ ; giá trị của hệ số này tùy thuộc vào mức độ biến dạng, chiều dày tương đối của phôi và thứ tự nguyên công dập vuốt.

$$P = \xi \cdot \sigma_b \cdot \pi \cdot d \cdot S$$

Hệ số ξ được xác định theo bảng trên cơ sở các số liệu thực nghiệm. Đối với nguyên công dập vuốt đầu tiên $\xi_1 = 0,28 \div 1,1$. Đối với nguyên công dập vuốt thứ hai $\xi_2 = 0,15 \div 1,1$ v.v... Giá trị của hệ số ξ tăng lên khi mức độ biến dạng và chiều dày tương đối của phôi tăng.

b- Lực chặn phôi

Lực chặn phôi cần phải đảm bảo thoả mãn hai điều kiện: một là trị số của nó không quá lớn để có thể gây đứt đáy khi dập vuốt, hai là không quá nhỏ để có thể gây hiện tượng nhân tại vùng biến dạng dẻo.

Lực chặn phôi có thể xác định một cách gần đúng bằng tích số của áp lực chặn riêng trung bình q với diện tích phần vành của chi tiết: F_v nằm dưới tấm chặn ở thời điểm bắt đầu dập vuốt:

$$Q = q \cdot F_v$$

Khi dập vuốt chi tiết hình trụ từ phôi phẳng, lực chặn có thể xác định theo công thức:

$$Q = 0,785 \cdot [D_0^2 - (d + 2 \cdot r_c)^2] \cdot q \quad (4-26)$$

Khi dập vuốt nguyên công trung gian, lực chặn xác định theo công thức:

$$Q_n = 0,785 \cdot [d_{n-1}^2 - (d_n + 2 \cdot r_c)^2] \cdot q \quad (4-27)$$

trong đó: n - thứ tự nguyên công dập vuốt;

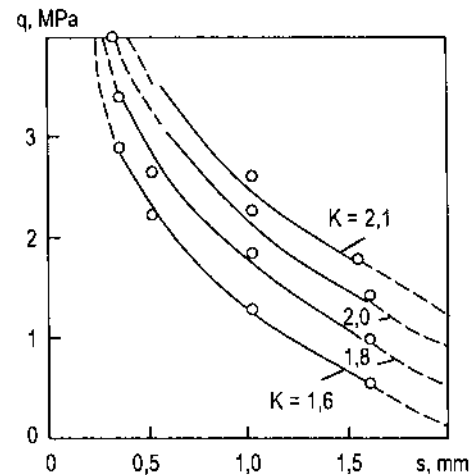
d_{n-1} và d_n - đường kính của phôi trước và sau khi dập vuốt.

Áp lực chặn riêng q phụ thuộc chủ yếu vào tính chất cơ học của vật liệu, chiều dày của phôi và mức độ biến dạng:

$$q = (0,8 \div 4,5) \text{ MPa}$$

Tùy thuộc vào các yếu tố, nếu chiều dày của phôi và mức độ dập vuốt $K = D_{ph}/d$ càng lớn thì áp lực chặn riêng q cũng càng lớn (đồ thị hình 4.23).

Có thể xác định lực chặn khi dập vuốt từ phôi phẳng một cách gần đúng từ công thức kinh nghiệm:



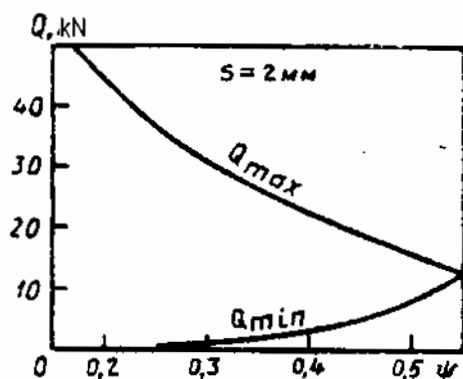
Hình 4.23. Sự phụ thuộc của áp lực riêng vào chiều dày của phôi ứng với các mức độ dập vuốt K .

$$Q = 0,1 \cdot \left[1 - \frac{18 \cdot K \cdot S}{(K-1) \cdot D_0} \right] \cdot K^2 \cdot P \quad (4-28)$$

trong đó: P - lực dập vuốt theo công thức (4-25).

Từ công thức (4-28) có thể suy ra rằng: Khi mức độ biến dạng tăng lên ($K = D_{ph}/d$ tăng) và lực dập vuốt tăng thì lực chặn Q tăng lên. Khi chiều dày tương đối của phôi giảm ($100S/D_0$ giảm) thì lực chặn Q cũng tăng lên. Nếu ($D_0 - d = 18 \cdot S$) thì $Q = 0$ tức là không cần phải sử dụng tấm chặn.

Người ta đã xác định được rằng: Khi dập vuốt lực chặn có thể thay đổi trong một khoảng nhất định từ Q_{max} đến Q_{min} . Khoảng thay đổi ($Q_{max} - Q_{min}$) này tùy thuộc vào mức độ biến dạng của phôi. Nếu mức độ biến dạng càng lớn thì khoảng thay đổi của lực chặn Q càng nhỏ (hình 4.24). Chỉ khi dập vuốt với mức độ biến dạng trong giới hạn cho phép thì lực chặn Q có thể là một trị số xác định. Do đó khi dập vuốt với mức độ biến dạng càng lớn, càng cần phải cẩn thận khi điều chỉnh khe hở giữa mặt cối và vành chặn của khuôn.



Hình 4.24. Quan hệ giữa khoảng thay đổi lực chặn ($Q_{max} - Q_{min}$) và mức độ biến dạng.

Trong quá trình dập vuốt lực chặn cần phải đảm bảo sao cho không bị nhân và thay đổi cùng với sự giảm dần chiều rộng của phần vành, nó phụ thuộc vào mức độ biến dạng tổng cộng, chiều dày và đặc tính cơ học của vật liệu.

c- Công biến dạng

Công biến dạng A có thể được xác định bằng công thức:

$$A = \int_0^H P \cdot dh = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot S \cdot \int_0^H \sigma_{pmax} \cdot dh \quad (4-29)$$

Khi không tính đến hoá bền: $\psi = 0$ và $\sigma_s = \sigma_b$; trong điều kiện biến dạng đã cho, ứng suất kéo hướng kính σ_{pmax} (trong công thức 4-13) có dạng:

$$\sigma_{pmax} = \beta \cdot \sigma_s \cdot \left[\ln \frac{R}{r} + \mu \cdot \frac{Q}{\pi \cdot R \cdot S \cdot \sigma_s} + \frac{S}{2 \cdot r_c + S} \right] (1 + 1,6\mu) \quad (4-13a)$$

Trong công thức này bán kính R sẽ thay đổi trong quá trình dập vuốt và được xác định từ điều kiện cân bằng diện tích bề mặt giữa phôi và chi tiết. Khi bán kính lượn của cối và chày nhỏ so với đường kính của phôi thì:

$$R = \sqrt{R_0^2 - 2.r.H} \quad (4-30)$$

Từ các công thức (4-29); (4-30) và (4-13a) ở trên chúng ta có thể xác định được công biến dạng khi dập vuốt không tính đến sự hoá bền của vật liệu:

$$A = \pi.r^2.(K-1).S.\sigma_s \cdot \left[\ln K - \frac{K^2-1}{4.K^2} + \frac{2\mu.Q}{\pi.r.S.(K+1).\sigma_s} + \frac{S}{2.r_c + S} \right] .(1+1,6\mu) \quad (4-31)$$

trong đó: $K = D_0/d$ - mức độ dập vuốt.

Từ công thức (4-31) trên chúng ta có thể thấy rằng: công biến dạng sẽ tăng khi mức độ dập vuốt K , hệ số ma sát μ , lực chặn Q , chiều dày tương đối của phôi S/D_0 và bán kính của chi tiết dập vuốt r tăng lên. Nếu $K = 1$ thì $A = 0$ ($D_0 = d \rightarrow$ không dập vuốt).

4.4.3 .Mức độ biến dạng giới hạn

Mức độ biến dạng trong quá trình dập vuốt có thể được đặc trưng bởi nhiều chỉ tiêu khác nhau. Ở đây chúng ta coi mức độ biến dạng khi dập vuốt là tỷ số giữa hiệu diện tích tiết diện ngang của phôi và chi tiết với diện tích tiết diện ngang của phôi khi coi chiều dày thành chi tiết hầu như không thay đổi (dập vuốt không có biến mỏng thành).

$$\psi_V = \frac{d_{n-1} - d_n}{d_{n-1}} = 1 - \frac{d_n}{d_{n-1}}$$

Vì mức độ dập vuốt $K = \frac{d_{n-1}}{d_n}$ nên ta có:

$$\psi_V = \frac{K-1}{K} \quad (4-32)$$

trong đó: d_{n-1} và d_n - đường kính của phôi và chi tiết ở nguyên công thứ $n-1$ và nguyên công thứ n .

Từ công thức (4-32) chúng ta có thể thấy ngay rằng: khi mức độ dập vuốt K càng lớn thì mức độ biến dạng ψ_V càng lớn.

Sẽ tồn tại một mức độ biến dạng giới hạn $\psi_{V_{gh}}$ và do đó tồn tại mức độ dập vuốt giới hạn: K_{gh} ; khi đó ứng suất tại tiết diện nguy hiểm của chi tiết dập vuốt gần tới trị số phá huỷ.

Việc xác định mức độ dập vuốt giới hạn: K_{gh} bằng phương pháp lý thuyết rất phức tạp. Sự phức tạp của nó là do ứng suất kéo cần thiết để làm chảy dẻo phần vành phôi phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố. Mức độ ảnh hưởng của các yếu tố này chỉ có thể xác định một cách gần đúng do hàng loạt các giả thiết đưa ra trong việc phân tích trạng thái ứng suất biến dạng, mà điều kiện phá huỷ chi tiết lại dựa trên cơ sở các yếu tố thực nghiệm.

Vì vậy việc xác định mức độ dập vượt giới hạn lý thuyết chỉ có thể là gần đúng. Mục tiêu cơ bản của việc giải bài toán này là xác định mối quan hệ hàm số giữa các thông số và các yếu tố xác định, ảnh hưởng đến giá trị của mức độ dập vượt giới hạn.

Một trong những kết quả của việc xác định mức độ dập vượt giới hạn nguyên công đầu khi dập vượt có chặn trong cối hình trụ có tính đến sự hoá bền của vật liệu, lực ma sát tiếp xúc và ứng suất uốn (do sử dụng phương trình 4-13) từ điều kiện cân bằng $\sigma_{p,max}$ với ứng suất chảy σ_s (một cách gần đúng có thể coi là bằng giới hạn bền của vật liệu phối $\sigma_s = \sigma_b$) là:

$$K_{gh} = \exp \left[0,9 \cdot \left(\frac{1}{1+1,6\mu} - \frac{S}{2r_c + S} - \frac{\mu \cdot Q}{\pi \cdot R \cdot S \cdot \sigma_b} \right)^{1-\psi} \right] \quad (4-33)$$

Việc tính toán theo công thức (4-33) cũng chỉ cho kết quả gần đúng, tuy nhiên nó đã phản ánh được bản chất vật lý của quá trình dập vượt, bởi vì từ việc phân tích công thức trên cho phép chúng ta xác định được đặc điểm và mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến giá trị của K_{gh} .

Chúng ta có thể thấy ngay rằng điều kiện $\sigma_{p,max} = \sigma_b$ chỉ là gần đúng, bởi vì giá trị của $\sigma_{p,max}$ là giá trị thực, còn giá trị của σ_b là giá trị qui ước. Ngoài ra những thí nghiệm để xác định điều kiện đứt dây khi dập vượt là $\sigma_{p,max} = (1,1 \div 1,2) \cdot \sigma_b$. Hệ số điều chỉnh $(1,1 \div 1,2)$ là để bù cho giả thiết đã đưa ra, không làm mất đi quan hệ hàm số giữa K_{gh} và các yếu tố ảnh hưởng đến giá trị của nó.

Khi dập vượt các chi tiết có chiều dày tương đối nhỏ ($\frac{S}{D} \cdot 100 < 0,1$). Sự hình thành các nếp nhăn có đặc điểm độc đáo là: *tất cả các sóng đi qua toàn bộ phần vành tạo ra một số lượng lớn các sóng nhăn nhỏ có chiều dài nhỏ theo hướng kính.*

Khi đó đặt ra điều kiện để áp lực chặn riêng của tấm chặn cần phân bố trên toàn bộ bề mặt tấm chặn một cách đồng đều:

$$q = \frac{Q}{\pi \cdot (R_0^2 - r^2)}$$

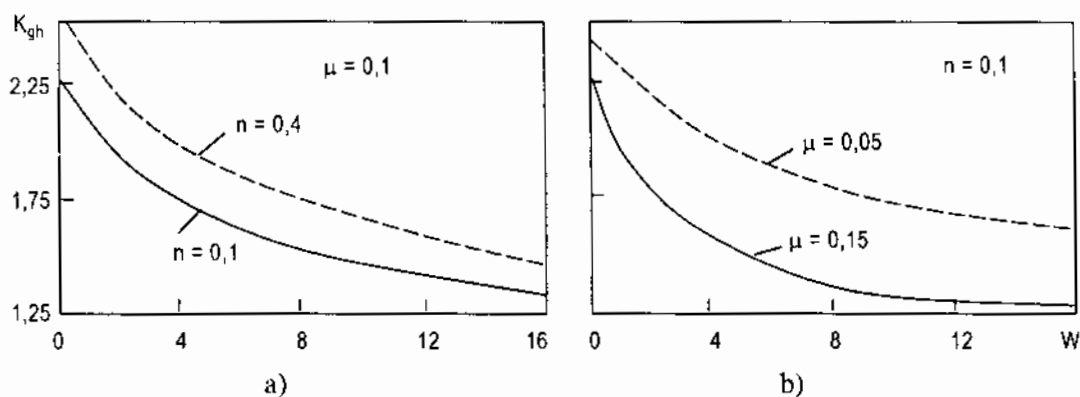
Nếu tính đến điều kiện này chúng ta sẽ nhận được công thức để xác định ứng suất kéo hướng kính có dạng như sau:

$$\sigma_{p,max} = \beta \sigma_s \left(\ln \frac{R}{r} + \frac{\mu \cdot Q}{\pi \cdot (R+r) \cdot S \cdot \sigma_s} + \frac{S}{2r_c + S} \right) (1 + 1,6\mu) \quad (4-34)$$

Nếu so sánh kết quả tính toán theo công thức (4-34) và công thức (4-13a) chúng ta có thể xác định được rằng: Khi áp lực chặn riêng (và do đó cả lực ma sát) được phân bố đồng đều trên bề mặt của vành thì ứng suất ở tiết diện nguy hiểm sẽ lớn hơn so với khi áp lực chặn riêng (và cả lực ma sát) chỉ tác dụng ở phần mép của vành.

Nếu sử dụng đường cong hoá bền dạng: $\sigma_s = C\varepsilon^n$ (trong đó $\varepsilon = \ln \frac{R}{r}$ là mức độ biến dạng logarit) để giải bài toán này thì chúng ta sẽ nhận được kết quả dưới dạng một hàm giải tích không xác định.

Vì vậy việc giải bài toán này được thực hiện bằng máy tính. Kết quả là các đường cong với các trục tọa độ K và W. Khi μ bằng hằng số còn n biến thiên (như hình 4.25a) và khi n bằng hằng số còn μ biến thiên (như hình 4.25b) trong đó thông số $W = \frac{2 \cdot q \cdot r}{\sigma_b \cdot e^n \cdot S}$. Từ đó thì chúng ta có thể thấy rằng: mức độ dập vuốt giới hạn K_{gh} sẽ tăng lên khi q và r giảm; hoặc khi σ_b , S và n tăng (nghĩa là K_{gh} tăng khi W giảm).



Hình 4.25. Sự phụ thuộc của mức độ dập vuốt giới hạn K_{gh} vào đại lượng W:
a- khi $\mu = \text{const}$; b- khi $n = \text{const}$.

Tính dị hướng về tính chất cơ học của các tấm cán nguội có ảnh hưởng tới sự biến dạng giới hạn khi dập vuốt. Khi hệ số dị hướng thông thường $R^* > 1$, kim loại có khả năng chống lại sự biến mỏng và do đó mức độ biến dạng giới hạn sau một nguyên công có thể tăng lên. Trong trường hợp này cần chú ý hệ số dị hướng nhỏ nhất R_{\min}^* (mà không phải là hệ số lớn nhất hoặc trung bình) bởi vì trạng thái tới hạn (xuất hiện co thắt) phát sinh giữa các phần tai (cánh hoa) ở chỗ bị lõm vào tức là theo hướng R_{\min}^* .

Mức độ dập vuốt giới hạn có tính đến sự dị hướng của kim loại có thể được xác định nếu sử dụng điều kiện chảy của Mizic-Khile.

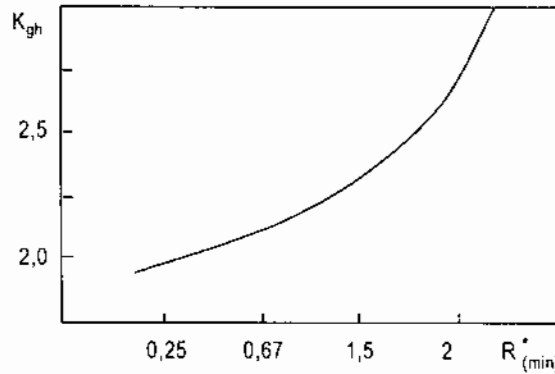
Đối với kim loại đẳng hướng ở trạng thái biến dạng phẳng, điều kiện chảy có dạng:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \beta \cdot \sigma_s$$

trong đó:

$$\beta = \frac{1 + R^*}{\sqrt{1 + 2 \cdot R^*}} \quad (4-35)$$

Từ công thức (4-35) có thể suy ra rằng: Sự thay đổi của R^* từ 1 đến 2 làm cho hệ số β tăng lên khoảng 1,2 lần và có ảnh hưởng đến trị số K_{gh} tính toán.



Hình 4.26. Sự phụ thuộc của mức độ dập vuốt giới hạn K_{gh} vào hệ số dị hướng thông thường R_{min}^* .

Hình 4.26 biểu diễn quan hệ giữa mức độ dập vuốt giới hạn ($K_{gh} = D_0/d$) và trị số R_{min}^* , nó được xây dựng có tính đến sự dị hướng của kim loại. Từ đồ thị ta thấy rằng khi R_{min}^* tăng lên thì K_{gh} cũng tăng lên và khi $R_{min}^* > 1$ thì trị số mức độ dập vuốt giới hạn lớn hơn so với khi $R_{min}^* = 1$ (khi kim loại đẳng hướng), nhưng khi $R_{min}^* < 1$ thì K_{gh} lại nhỏ hơn so với khi $R_{min}^* = 1$.

Mức độ dập vuốt nhận được bằng phương pháp tính toán là mức độ dập vuốt giới hạn. Để đảm bảo cho quá trình dập được ổn định, giá trị của mức độ dập vuốt cần phải giảm đi (10 ÷ 15)% so với tính toán. Nghĩa là mức độ dập vuốt cho phép $[K]$ được xác định như sau:

$$[K] = \frac{K_{gh}}{1,1 \div 1,15} \approx (0,9 \div 0,85)K_{gh}$$

Mức độ dập vuốt cho phép có thể xác định trên cơ sở thực nghiệm và những số liệu của thực tế sản xuất. Trong các sổ tay công nghệ thường có các bảng để xác định mức độ dập vuốt cho phép (hoặc hệ số dập vuốt cho phép). Nó được sử dụng rộng rãi cho các kỹ sư khi thiết kế các quy trình công nghệ sản xuất các chi tiết dập vuốt. Trong “Sổ tay dập nguội” của Romanopski mức độ biến dạng khi dập vuốt được đánh giá bằng hệ số dập vuốt:

$$m = d/D_0 = 1/K$$

$$\text{Và ở các nguyên công trung gian: } m_n = \frac{d_n}{d_{n-1}}.$$

Chính vì vậy giá trị của hệ số dập vuốt m luôn nhỏ hơn 1 và khi trị số của hệ số dập vuốt càng nhỏ thì mức độ biến dạng càng lớn và ngược lại.

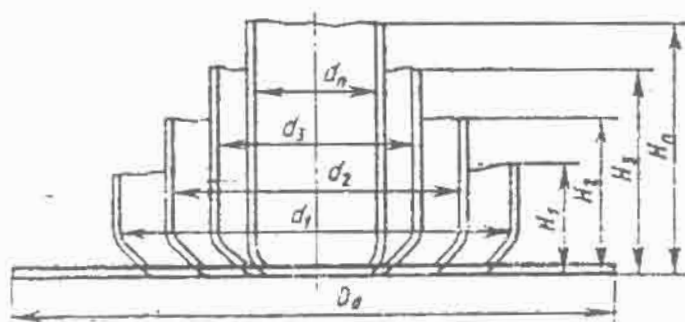
Nếu phải dập vuốt qua nhiều nguyên công mà không qua ủ trung gian thì ở các nguyên công sau mức độ dập vuốt K cần phải giảm dần do sự hoá bền của vật liệu phôi. Thường ở nguyên công đầu và nguyên công dập vuốt thứ hai giá trị của mức độ dập vuốt có sự chênh lệch đáng kể $K_1 > K_2$ do ở nguyên công đầu tiên, kim loại chưa bị biến cứng và cần

phải sử dụng tối đa tính dẻo của kim loại. Ở những nguyên công sau, mức độ dập vuốt K có thể giảm dần với mức độ khác nhau ít. Với mức độ gần đúng có thể coi $K_2 \approx K_3 \approx K_4 \approx \dots \approx K_n = \text{const}$. Điều đó có thể thực hiện được là vì cùng với sự tăng biến dạng thì cường độ hoá bền kim loại cũng giảm dần.

4.4.4. Xác định số nguyên công và kích thước phôi ở các nguyên công trung gian khi dập vuốt chi tiết hình trụ

Nếu chúng ta biết được mức độ dập vuốt cho phép ở nguyên công đầu và các nguyên công sau (bằng phương pháp tính toán hoặc theo số liệu thực nghiệm) thì chúng ta có thể dễ dàng xác định được đường kính của bán thành phẩm ở các nguyên công trung gian:

$$\begin{aligned} d_1 &= \frac{D_0}{K_1}, \quad d_2 = \frac{d_1}{K_2} = \frac{D_0}{K_1 \cdot K_2} \\ d_3 &= \frac{d_2}{K_3} = \frac{D_0}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}, \quad \dots, \quad d_n = \frac{d_{n-1}}{K_n} = \frac{D_0}{K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n} \end{aligned} \quad (4-36)$$



Hình 4.27. Sơ đồ xác định số nguyên công dập vuốt.

Nếu chúng ta coi rằng khi dập vuốt không qua ủ trung gian, mức độ dập vuốt ở các nguyên công sau thay đổi không đáng kể, nghĩa là:

$$K_2 = K_3 = K_4 = \dots K_n = K$$

Khi đó chúng ta có:

$$\begin{aligned} d_2 &= \frac{d_1}{K_2} = \frac{D_0}{K_1 \cdot K} \\ d_3 &= \frac{d_2}{K_3} = \frac{D_0}{K_1 \cdot K^2} \\ &\dots \\ d_n &= \frac{d_{n-1}}{K_n} = \frac{D_0}{K_1 \cdot K^{n-1}} \end{aligned} \quad (4-36a)$$

trong đó: n - số nguyên công dập vuốt;

K - mức độ dập vuốt trung bình ở các nguyên công sau:

$$K = \frac{K_2 + K_3 + \dots + K_n}{n - 1}$$

Để xác định số nguyên công n chúng ta có thể sử dụng đẳng thức (4-36a), bằng cách logarit cả hai vế:

$$\begin{aligned} \lg d_n &= \lg \left(\frac{D_0}{K_1 \cdot K^{n-1}} \right) \Rightarrow \\ n &= 1 + \frac{\lg d_n - \lg \frac{D_0}{K_1}}{\lg \frac{1}{K}} \end{aligned} \quad (4-37)$$

Nếu xác định được đường kính của các bán thành phẩm sau mỗi nguyên công dập vuốt và các bán kính lượn của đáy (r_{ch}) chúng ta có thể xác định được chiều cao của các bán thành phẩm: H_1, H_2, \dots, H_n từ điều kiện cân bằng diện tích bề mặt giữa phôi và chi tiết (hình 4.19b):

$$0,785 \cdot D_0^2 = F_1 = F_2 = \dots = F_n$$

trong đó: F_1, F_2, \dots, F_n - diện tích bề mặt của các bán thành phẩm trong mỗi nguyên công dập vuốt.

Từ công thức (4-22) ta có thể xác định được chiều cao của các bán thành phẩm hình trụ không có vành:

$$H = \frac{D_0^2 - d_1^2 - 2 \cdot r_{ch} (\pi \cdot d_1 + 4 \cdot r_{ch})}{4 \cdot d} + r_{ch} - \Delta H \quad (4-38)$$

trong đó: ΔH - lượng dư để cắt phần mép không đều;

$d = (d_1 + 2 \cdot r_{ch})$ - đường kính của chi tiết (hình 4.19b).

Có thể xác định một cách gần đúng chiều cao H bằng cách coi $r_{ch} = 0$ và $\Delta H = 0$. Khi đó:

$$H_n = \frac{D_0^2 - d_n^2}{4 \cdot d_n} \quad (4-38a)$$

trong đó: d_n - đường kính của bán thành phẩm ở nguyên công thứ n .

Công thức (4-38a) được sử dụng để xác định phần làm việc của chày vuốt, chiều cao của vòng chặn và chọn hành trình làm việc của máy ép.

Bán kính lượn của cối r_c có thể suy ra từ công thức (4-34) có ảnh hưởng đến giá trị của mức độ dập vuốt giới hạn K_{gh} . Khi bán kính lượn của cối tăng thì mức độ dập vuốt giới hạn cũng tăng. Tuy nhiên, sự tăng quá mức bán kính lượn của cối sẽ dẫn đến làm giảm diện tích chặn của phôi và có thể sẽ gây ra hiện tượng nhăn. Ngoài ra, từ công thức (4-34) chúng ta có

thể thấy rằng: khi bán kính lượn của cối r_c lớn hơn $(6 \div 10)$ lần chiều dày s của phôi thì mức độ dập vuốt giới hạn cũng không tăng. Vì vậy trị số bán kính lượn của cối lấy trong khoảng $(6 \div 10)$ lần chiều dày vật liệu phôi, tùy theo chiều dày vật liệu. Nếu $s > 4$ mm thì lấy r_c với trị số nhỏ hơn, còn khi chiều dày nhỏ hơn thì lấy r_c với trị số lớn hơn.

Kích thước làm việc của chày và cối khi dập vuốt phụ thuộc chủ yếu vào kích thước của chi tiết; khe hở một phía giữa chày và cối Z . Kích thước làm việc của chày và cối có liên quan đến mức độ biến dạng của chi tiết dập vuốt. Khi dập vuốt các chi tiết cần có kích thước đường kính ngoài chính xác thì khe hở được lấy bằng cách giảm kích thước của chày, còn kích thước của cối lấy bằng kích thước giới hạn nhỏ nhất của chi tiết. Khi dập vuốt các chi tiết cần có kích thước trong chính xác thì khe hở được lấy về phía cối, còn kích thước của chày được lấy bằng kích thước giới hạn lớn nhất của chi tiết.

Nếu tính đến sự mài mòn trong quá trình làm việc (khi mòn đường kính của cối sẽ tăng lên, còn đường kính của chày sẽ giảm đi) thì kích thước làm việc của chày và cối có thể xác định theo các công thức sau:

- Khi kích thước ngoài của chi tiết cần chính xác:

$$D_{\text{cối}} = (D_{\text{đng}} - 0,8\Delta)^{+\delta_c}$$

$$D_{\text{chày}} = (D_{\text{đng}} - 0,8\Delta - 2Z) - \delta_{\text{ch}}$$

- Khi kích thước trong của chi tiết cần chính xác:

$$D_{\text{chày}} = (D_{\text{đng}} + 0,2\Delta) - \delta_{\text{ch}}$$

$$D_{\text{cối}} = (D_{\text{đng}} + 0,2\Delta + 2.Z)^{+\delta_c}$$

trong đó:

$D_{\text{đng}}$ - kích thước danh nghĩa của chi tiết;

Δ - dung sai chế tạo chi tiết;

$\delta_c, \delta_{\text{ch}}$ - dung sai chế tạo cối và chày;

Z - khe hở một phía giữa chày và cối;

$$Z = S^* \sqrt{D_0 / D_{\text{ch}}}$$

S^* - chiều dày với dung sai dương của vật liệu phôi.

4.4.5. Ví dụ

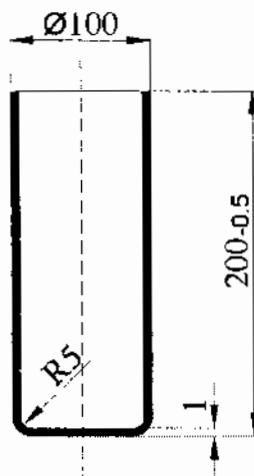
Tính toán kích thước của phôi và các thông số công nghệ để dập vuốt chi tiết hình trụ không có vành như trên hình 4.28. Vật liệu chi tiết là thép 20 có chiều dày $S = 1$, giới hạn chảy $\sigma_r = 250$ MPa, giới hạn bền $\sigma_b = 420$ MPa và độ co thắt tương đối $\psi = 0,25$.

Bước 1: Xác định đường kính phôi phẳng

Đường kính phôi được xác định (có tính đến lượng dư để cắt mép) theo công thức (4-22a). Với chiều cao tương đối của chi tiết $H/d = 200/100 = 2$, theo số liệu “Sổ tay dập

ngươi" lượng dư để cắt mép sau khi dập là 8 mm. Vì chiều dày thành chi tiết nhỏ hơn 2 mm nên có thể tính đường kính phôi theo các kích thước ngoài của nó:

$$D_0 = \sqrt{88^2 + 4 \cdot 100 \cdot (194 + 8) + 2 \cdot 6 \cdot (3,14 \cdot 88 + 4,6)} \approx 304 \text{ mm}$$



Hình 4.28. Chi tiết dập vuốt.

Bước 2: Đây là chi tiết có tỷ số $H/d > 1$ và chiều dày tương đối của phôi nhỏ ($\frac{S}{D} \cdot 100 = \frac{1}{304} \cdot 100 = 0,33$) do vậy cần phải dập vuốt có chặn phôi.

Mức độ dập vuốt cho phép ở các nguyên công phụ thuộc vào chiều dày tương đối của phôi; với bán kính lượn ở đáy đủ lớn ($r_d \geq 6S$) và chiều dày tương đối của phôi $\frac{S}{D} \cdot 100 = 0,33$ chúng ta có thể xác định được:

$$K_1 = 1,72; K_2 = 1,37; K_3 = 1,25; K_4 = 1,22.$$

Bước 3: Xác định kích thước phôi ở các nguyên công trung gian

$$d_1 = \frac{D_0}{K_1} = 304/1,72 = 176 \text{ mm}; d_3 = \frac{d_2}{K_3} = 137/1,25 = 110 \text{ mm};$$

$$d_2 = \frac{d_1}{K_2} = 176/1,37 = 137 \text{ mm}; d_4 = \frac{d_3}{K_4} = 110/1,22 = 90 \text{ mm}.$$

Đường kính ngoài của chi tiết là 100 mm như vậy mức độ dập vuốt thực tế ở nguyên công thứ tư sẽ là:

$$K_4 = 110/100 = 1,1$$

Như vậy ở nguyên công thứ tư, chưa sử dụng hết mức độ biến dạng cho phép. Do đó trong nhiều trường hợp, chúng ta có thể phân đều mức độ biến dạng cho các nguyên công dập vuốt và có thể qui tròn đường kính của các bán thành phẩm nguyên công trung gian.

Trong trường hợp này, chúng ta có thể phân chia lại mức độ biến dạng ở các nguyên công với các hệ số K như sau:

$$K_1 = 1,69; K_2 = 1,28; K_3 = 1,22 \text{ và } K_4 = 1,15$$

Khi đó chúng ta sẽ có đường kính của bán thành phẩm ở các nguyên công:

$$d_1 = 304/1,69 \approx 180 \text{ mm}; \quad d_3 = 140/1,22 \approx 115 \text{ mm}$$

$$d_2 = 180/1,28 \approx 140 \text{ mm}; \quad d_4 = 115/1,15 = 100 \text{ mm}$$

Bước 4: Xác định chiều cao của bán thành phẩm ở các nguyên công dập vuốt (theo công thức gần đúng 4-38a):

$$H_1 = (304^2 - 180^2) / (4 \times 180) = 84 \text{ mm};$$

$$H_2 = (304^2 - 140^2) / (4 \times 140) = 130 \text{ mm};$$

$$H_3 = (304^2 - 115^2) / (4 \times 115) = 172 \text{ mm};$$

$$H_4 = (304^2 - 100^2) / (4 \times 100) = 206 \text{ mm}.$$

Bước 5: Xác định lực dập vuốt; lực chặn và công biến dạng

Lực biến dạng ở các nguyên công dập vuốt được xác định theo công thức (4-25):

$$P_1 = 3,14 \times 0,18 \times 0,001 \times 420 \times (1,69 - 1) = 0,165 \text{ MN} = 165 \text{ kN}$$

$$P_2 = 3,14 \times 0,14 \times 0,001 \times 420 \times (1,28 - 1) = 0,052 \text{ MN} = 52 \text{ kN}$$

$$P_3 = 3,14 \times 0,115 \times 0,001 \times 420 \times (1,22 - 1) = 0,033 \text{ MN} = 33 \text{ kN}$$

$$P_4 = 3,14 \times 0,10 \times 0,001 \times 420 \times (1,15 - 1) = 0,020 \text{ MN} = 20 \text{ kN}$$

Các trị số lực biến dạng tính toán trên sẽ là các trị số lực công nghệ thực tế nếu sau mỗi nguyên công dập vuốt tiến hành ủ trung gian để phục hồi tính dẻo.

Lực chặn ở nguyên công đầu tiên được xác định theo công thức (4-28) với $K_1 = 1,69$

$$Q_1 = 0,1 \times (1 - \frac{18.1,69}{1,69-1} \cdot \frac{0,001}{0,304}) \times 1,69^2 \times 0,165 = 0,0403 \text{ MN} = 40,3 \text{ kN}$$

Nếu chúng ta lấy $r_c = 6S = 6 \text{ mm}$, chúng ta có thể xác định được áp lực chặn riêng đối với nguyên công dập vuốt đầu tiên theo công thức (4-26):

$$q = \frac{0,0403}{0,785 \cdot [0,304^2 - (0,180 + 2 \cdot 0,006)^2]} = 0,92 \text{ MPa} \approx 1 \text{ MPa}$$

Giả sử rằng: ở các nguyên công sau, áp lực chặn riêng vẫn không thay đổi và bằng 1 MPa thì khi đó lực chặn ở các nguyên công dập vuốt tiếp theo sẽ là (theo công thức 4-27):

$$Q_2 = 1 \times 0,785 \times [0,180^2 - (0,140 + 2 \times 0,006)^2] = 0,0073 \text{ MN} = 7,3 \text{ kN}$$

$$Q_3 = 1 \times 0,785 \times [0,140^2 - (0,120 + 2 \times 0,006)^2] = 0,0017 \text{ MN} = 1,7 \text{ kN}$$

Khi thực hiện nguyên công dập vuốt lần 4 theo tiêu chuẩn đưa ra trong mục (4-3) việc chặn phôi là không cần thiết.

Công biến dạng khi dập vuốt nguyên công đầu được xác định theo công thức (4-31)

với $K_1 = 1,69$:

$$A = 3,14 \times 0,05^2 \times (1,69^2 - 1) \times 0,001 \times 250 \times [0,525 - \frac{1,69^2 - 1}{4,1,69^2} + \frac{2 \times 0,1 \times 0,0403}{3,14 \times 0,001 \times 0,05 \times (1,69 + 1) \times 250} + \frac{0,001}{2 \times 0,006 + 0,001}] (1 + 1,6 \times 0,1) = 0,00215 \text{ MJ} = 2,15 \text{ kJ}.$$

Bước 6: Chọn máy ép

- Phương án 1: Tất cả các nguyên công dập vuốt đều được thực hiện trên máy ép tác động kép (máy ép song động). Trong trường hợp này lực của đầu trượt trong ở thời điểm bắt đầu dập vuốt cần phải đảm bảo lớn hơn 165 kN, còn lực của đầu trượt ngoài lớn hơn 40kN. Hành trình của đầu trượt trong cần phải lớn hơn 400 mm.
- Phương án 2: Tất cả các nguyên công dập vuốt được thực hiện trên máy ép trực khuỷu tác động đơn. Trong trường hợp này lực danh nghĩa của máy cần phải lớn hơn 200 kN, còn hành trình của nó cần phải lớn hơn 400 mm khi đẩy ngược và lớn hơn 200 mm khi đẩy chi tiết chui qua cối.

4.5. DẬP VUỐT CÁC CHI TIẾT TRÒN XOAY HÌNH DẠNG PHỨC TẠP

Ngoài chi tiết hình trụ không có vành phương pháp dập vuốt còn có thể nhận được những chi tiết tròn xoay có hình dạng phức tạp như: chi tiết hình trụ có vành, chi tiết hình trụ bậc, chi tiết hình côn, và các chi tiết tròn xoay được tạo ra bởi các đường cong phẳng quay quanh một trục (trong đó có hình cầu)...

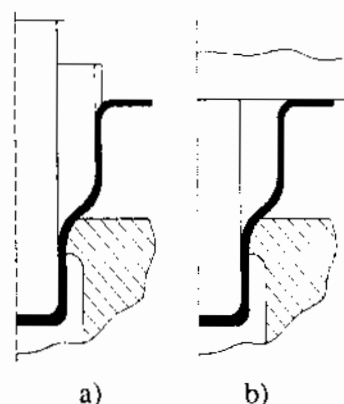
Việc chế tạo các chi tiết loại trên sẽ rất khó khăn do điều kiện biến dạng khó khăn hơn so với khi dập vuốt chi tiết hình trụ không có vành hoặc có vành nhỏ. Vì vậy khi dập các chi tiết tròn xoay hình dạng phức tạp người ta thường sử dụng những giải pháp nhất định, cho phép nhận được chúng mà không bị phá hủy.

4.5.1. Dập vuốt chi tiết hình trụ có vành rộng

Khi dập vuốt chi tiết hình trụ có vành rộng người ta có thể dập vuốt qua nhiều nguyên công và không cần chặn phôi bằng hai phương pháp:

- Kéo phôi vào trong cối bằng chày truyền áp lực lên đáy chi tiết và phần cuối cùng của nó sẽ được nắn phẳng thành phần vành trong một khuôn riêng.

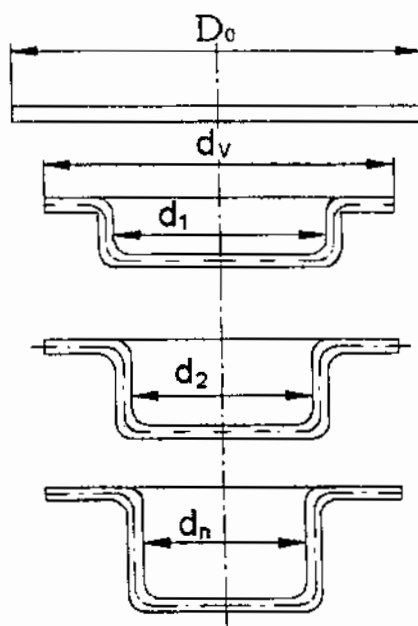
- Dập vuốt đồng thời với việc đẩy phôi vào trong cối bởi lực đẩy đặt ở phần mặt đầu của phôi và sẽ nắn phẳng thành mặt vành ở thời điểm kết thúc quá trình dập vuốt (hình 4.29).



Hình 4.29. Sơ đồ dập vuốt chi tiết hình trụ có vành :
a- không có đẩy phôi;
b- có đẩy phôi.

Phương án thứ hai được sử dụng nhiều hơn bởi vì khi đẩy phôi sẽ tạo ra ứng suất nén dọc trục và những ứng suất này làm giảm nhẹ tải trọng ở tiết diện nguy hiểm. Điều đó cho phép tiến hành dập vuốt nhiều nguyên công mà không cần phải ủ trung gian với mức độ biến dạng tổng cộng lớn hơn trên các máy tự động dập vuốt nhiều vị trí.

Đặc điểm công nghệ khi dập vuốt chi tiết hình trụ có vành rỗng là ngay sau nguyên công dập vuốt đầu tiên, kích thước đường kính của vành (theo như bản vẽ chi tiết có tính đến lượng dư để cắt mép) đã được tạo ra. Ở tất cả những nguyên công sau, đường kính này vẫn không thay đổi, quá trình biến dạng xảy ra do sự giảm đường kính của phần hình trụ, tăng chiều cao và tăng chiều rộng của phần vành (hình 4.30).



Hình 4.30. Quá trình dập vuốt chi tiết hình trụ có vành rỗng.

Chiều cao của chi tiết sau nguyên công dập vuốt đầu tiên được xác định từ điều kiện cân bằng diện tích bề mặt giữa phôi và chi tiết.

$$h_1 = \frac{D_0^2 - d_v^2}{4 \cdot d_1} + 0,86 \cdot r_{ch(1)}$$

trong đó: d_1 - đường kính của chi tiết ở nguyên công 1;

d_v - đường kính vành của chi tiết.

Chiều cao của chi tiết (bản thành phẩm) ở những nguyên công sau được xác định theo công thức:

$$h_n = (h_{n-1} - 0,86 \cdot r_{ch((n-1))})K_n + 0,86r_{ch(n)}$$

trong đó: $r_{ch(n-1)}$ và $r_{ch(n)}$ - các bán kính lượn của chi tiết ở các nguyên công thứ (n-1) và (n);

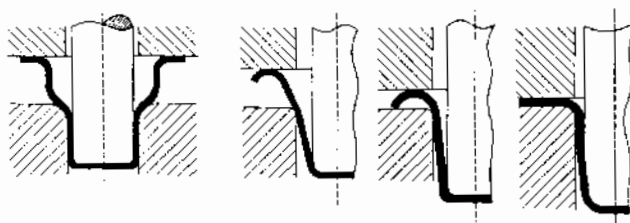
K_n - mức độ dập vuốt ở nguyên công thứ n;

h_{n-1} - chiều cao của chi tiết ở nguyên công n-1. Hoặc có thể xác định chiều cao của chi tiết ở nguyên công thứ n theo công thức:

$$h_n = \frac{D_0^2 - d_v^2}{4.d_n} + 0,86.r_{ch(n)}$$

Sự phân bố thể tích kim loại ở các nguyên công có ảnh hưởng lớn đến mức độ biến dạng tổng cộng khi dập vuốt có đẩy phôi. Dưới tác dụng của lực đẩy, phần thành chi tiết được tăng dày và một phần tăng dày cục bộ của nó được chuyển thành phần vành, vì vậy thể tích của phần hình trụ sẽ giảm đi, và khi dập vuốt chi tiết có thể bị đứt gãy. Chính vì vậy, để cho quá trình dập vuốt được ổn định và thuận lợi, khi tính toán chiều cao của bán thành phẩm, cần phải thêm vào một lượng kim loại ở nguyên công trước để bù cho sự biến dày ở nguyên công sau. Ở nguyên công dập vuốt đầu tiên người ta thường tăng thêm từ (20 ÷ 25)% lượng kim loại vuốt vào trong cối so với nguyên công cuối cùng và phân bố đều lượng kim loại này cho các nguyên công còn lại.

Khi dập vuốt các chi tiết hình trụ có vành rộng, việc đẩy phôi (đồng thời với quá trình dập) được thực hiện bởi một tấm đẩy đặc biệt được bố trí trước ở trong khuôn. Tấm đẩy này được tựa vào một thiết bị đệm hoặc vào vai chày. Chày có vai không chỉ đẩy phôi vào trong cối mà còn uốn và nắn phẳng phần vành khi kết thúc quá trình dập vuốt.



Hình 4.31. Các giai đoạn tạo hình khi dập vuốt và đẩy chi tiết hình trụ có vành rộng.

Các giai đoạn của quá trình dập vuốt chi tiết hình trụ có vành rộng được biểu diễn trên hình 4.31.

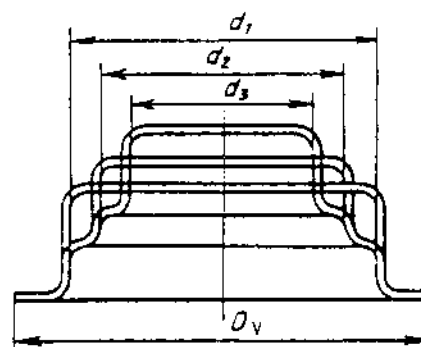
Nếu lực đẩy quá lớn sẽ dẫn đến sự mất ổn định của phôi, tạo ra những vòng lồi tại vùng chuyển tiếp giữa phần uốn tự do và phần hình trụ không biến dạng của phôi. Sự mất ổn định diễn ra theo chu kỳ làm thay đổi lực đẩy và tạo ra các vòng gợn trên bề mặt hình trụ của chi tiết. Để khắc phục hiện tượng này cần phải giảm lực đẩy, do đó giảm lực ma sát tiếp xúc hoặc tăng bán kính lượn của cối.

4.5.2. Dập vuốt chi tiết hình trụ bậc

Các chi tiết hình trụ bậc thường được dập vuốt qua nhiều nguyên công (hình 4.32). Bậc đầu tiên có đường kính d_1 được dập vuốt từ phôi phẳng sau một hoặc một vài nguyên công, sau đó đường kính d_1 cũng như đường kính vành D_v (nếu như bản vẽ chi tiết có vành) sẽ không thay đổi và các bậc tiếp theo có đường kính d_2, d_3, \dots, d_n được dập vuốt ở các nguyên công sau là do sự phân bố lại kim loại tương tự như khi dập chi tiết hình trụ có vành rộng.

Chiều cao của các bán thành phẩm ở các nguyên công dập vuốt được xác định dựa vào điều kiện cân bằng diện tích bề mặt và cần phải tính toán chính xác. Nếu chiều cao của bán thành phẩm ở nguyên công trước bị thiếu thì ở nguyên công sau rất dễ bị đứt đáy. Để đề phòng khả năng bị đứt đáy cần phải tăng thêm $(3 \div 5\%)$ diện tích bề mặt của bán thành phẩm ở nguyên công trước, lượng kim loại thêm vào này cần phải được tính đến khi xác định chiều cao của bán thành phẩm.

Trong trường hợp khi mức độ dập vuốt tổng cộng nhỏ hơn mức độ dập vuốt cho phép thì có thể dập vuốt chi tiết hình trụ bậc sau một nguyên công: Khi đó sự hình thành các bậc ở thời điểm kết thúc quá trình dập kèm theo sự giảm chiều dày thành ở các góc của chi tiết.



Hình 4.32. Các bước dập vuốt chi tiết hình trụ bậc.

Mức độ dập vuốt tổng cộng có thể xác định dựa vào công thức kinh nghiệm:

$$K_{\text{tổng}} = \frac{\frac{h_1}{h_2} + \frac{h_2}{h_3} + \frac{h_3}{h_4} + \dots + \frac{h_{n-1}}{h_n} + 1}{\frac{h_1}{h_2} \cdot \frac{d_1}{D_0} + \frac{h_2}{h_3} \cdot \frac{d_2}{D_0} + \dots + \frac{h_{n-1}}{h_n} \cdot \frac{d_{n-1}}{D_0} + \frac{d_n}{D_0}}$$

trong đó: h_1, h_2, \dots, h_n - chiều cao của các bậc;

d_1, d_2, \dots, d_n - đường kính của các bậc.

Nếu mức độ dập vuốt tổng cộng $K_{\text{tổng}} < [K]$ thì có thể dập chi tiết sau một nguyên công.

Khi dập vuốt chi tiết hình trụ bậc qua nhiều nguyên công thì mức độ dập vuốt ở mỗi nguyên công cần phải đảm bảo nhỏ hơn mức độ dập vuốt cho phép. Nếu mức độ dập vuốt ở một bậc nào đó lớn hơn mức độ cho phép thì phải dập qua một vài nguyên công để đạt được kích thước của bậc đó.

Người ta đã đưa ra một nguyên tắc chung khi dập vuốt chi tiết hình trụ bậc bao gồm những điểm sau:

- Đường bao của chi tiết được chia thành các phần tử bên trong và bên ngoài. Trước tiên phải dập các phần tử bên trong trước sau đó dập các phần tử bên ngoài sau và vành sẽ được dập ở nguyên công cuối cùng.

- Trong nhiều trường hợp người ta thường dập sơ bộ hình dáng đường bao của chi tiết với các phần thành thẳng và nghiêng với bán kính góc lượn lớn, hình dạng cuối cùng của chi tiết (chính xác theo bản vẽ) được tinh chỉnh ở nguyên công cuối cùng.

- Sau mỗi nguyên công cần phải kéo vào trong cối một lượng kim loại không những đủ để biến dạng cho nguyên công sau mà cần phải có lượng kim loại dư thừa từ $(3 \div 5\%)$ so với tính toán để đề phòng bị đứt đáy.

- Nếu là chi tiết hình trụ bậc có vành rộng thì phải tuân theo nguyên tắc dập vuốt như đối với chi tiết hình trụ có vành rộng để tạo ra phần vành.

4.5.3. Dập vuốt chi tiết hình côn

Các chi tiết hình côn được chia thành 3 loại tùy theo góc côn α và chiều cao tương đối h/d :

- Hình côn thấp $h/d = 0,1 \div 0,25$ và góc giữa đường sinh với phương thẳng đứng $\alpha = 50 \div 80^\circ$.
- Hình côn trung bình $h/d = 0,3 \div 0,7$; $\alpha = 25 \div 45^\circ$.
- Hình côn cao $h/d > 0,8$ và $\alpha = 10 \div 30^\circ$.

Khi dập vuốt chi tiết hình côn từ phôi phẳng, đặc điểm biến dạng của quá trình dập vuốt là chày chỉ tiếp xúc với phôi một diện tích nhỏ tại vùng tâm phôi, còn phần lớn vành phôi được tự do, không tiếp xúc với chày và vành chặn, không chịu tác dụng của ngoại lực (hình 4.33a). Vì vậy khi chày kéo phôi vào trong cối để tạo thành chi tiết thì tại vùng này phát sinh những ứng suất kéo hướng kính σ_p và ứng suất nén theo phương tiếp tuyến σ_θ . Điều kiện cân bằng của phần tử nằm trong vùng khảo sát được đưa ra nhờ chiếu các lực lên phương pháp tuyến với bề mặt trung bình của phần tử. Khi $\sigma_n = 0$ phương trình cân bằng có dạng:

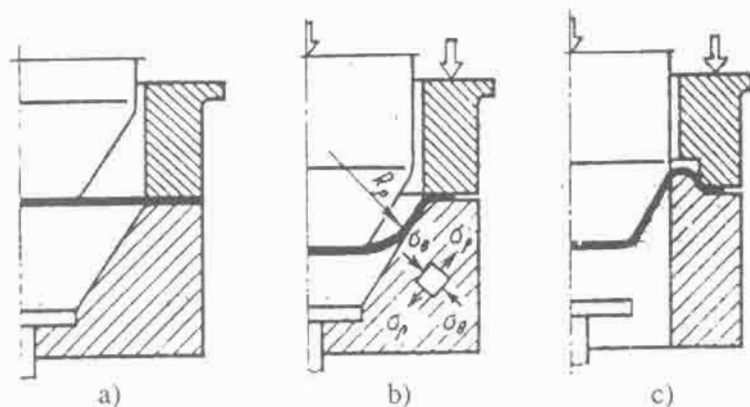
$$\frac{\sigma_p}{R_p} + \frac{\sigma_\theta}{R_0} = 0 \rightarrow R_p = -\frac{R_0 \sigma_p}{\sigma_\theta}$$

trong đó: R_p và R_0 - bán kính cong của bề mặt trung bình của phần tử phôi trong mặt cắt kinh tuyến (dọc) và vĩ tuyến (ngang).

Khi $\sigma_\theta = 0$ thì $R_p = \infty$ nghĩa là chỉ khi không có ứng suất tiếp tuyến σ_θ thì đường sinh của chi tiết có thể là đường thẳng, còn với tất cả các giá trị khác của σ_θ đường sinh của chi tiết sẽ là đường cong. Chẳng hạn khi ứng suất σ_p và σ_θ khác dấu nhau đường sinh của chi tiết có dạng lồi và nếu cùng dấu thì độ cong của nó giống như độ cong của mặt cắt ngang (hình 4.33b). Tuy nhiên khi $\sigma_\theta = 0$ theo điều kiện dẻo $\sigma_p = \beta \sigma_s$, điều đó khi dập vuốt không cho phép, bởi vì có thể sẽ dẫn đến đứt đáy chi tiết. Vì vậy, nếu muốn nhận được chi tiết hình côn thấp có đường sinh thẳng, trong quá trình công nghệ cần phải dự tính nguyên công nắn phần mặt côn của chi tiết.

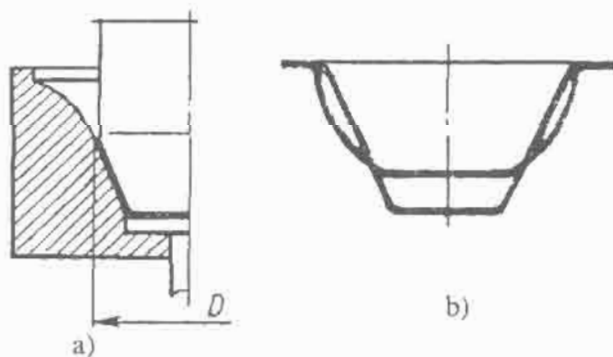
Dưới tác dụng của ứng suất nén tiếp tuyến σ_θ phần còn của chi tiết (nằm ngoài vòng chặn) có thể bị mất ổn định và tạo thành các sóng nhân. Để làm giảm ứng suất nén σ_θ cần phải tìm cách tăng ứng suất kéo σ_p theo hướng kính. Bởi vì khi tăng σ_p (theo điều kiện dẻo: $\sigma_p + \sigma_\theta = \beta \cdot \sigma_s$) thì ứng suất nén σ_θ sẽ phải giảm đi.

Một trong những phương pháp để tăng ứng suất kéo hướng kính σ_p là dập vuốt các chi tiết hình côn trong các cối có gân vuốt (hình 4.33c). Gân vuốt có tác dụng làm tăng trở lực biến dạng trên quãng đường dịch chuyển phần vành phôi vào trong cối, do đó làm tăng ứng suất kéo σ_p . Tuy nhiên khi tăng ứng suất kéo hướng kính σ_p sẽ gây ra sự biến mỏng thành và có thể dẫn đến sự phá hủy chi tiết (đứt hoặc rách). Chính vì vậy kích thước của gân vuốt cần phải chọn sao cho mức độ tăng của ứng suất kéo hướng kính không gây ra sự đứt gãy của chi tiết.



Hình 4.33. Sơ đồ dập vuốt chi tiết hình côn thấp.

Cối có gân vuốt được sử dụng để dập vuốt các chi tiết hình côn tương đối thấp có tỷ số $h/d \leq 0,3$ (trong đó d - là đường kính đáy lớn của hình côn).



Hình 4.34. Sơ đồ dập vuốt các chi tiết hình côn trung bình.

Khi dập vuốt các chi tiết hình côn trung bình $0,3 < h/d < 0,7$ có thể có chặn hoặc không có chặn phôi tùy thuộc vào chiều dày tương đối của phôi ($\frac{S}{D_0} 100\%$). Khi $\frac{S}{D_0} 100\% > 2,5$ thì có thể dập vuốt không cần chặn trong cối kín sau một nguyên công.

Phần miệng của cối được lượn cong đều và chi tiết được nắn phẳng phần mặt côn ở cuối quá trình dập (hình 4.34a). Khi $\frac{S}{D_0} 100\% < 2,5$ cần phải dập vuốt có chặn phôi ở phần vành và thường phải dập qua 2 nguyên công (hình 4.34b). Khi đó bán thành phẩm ở nguyên công đầu có dạng cong đều và đường kính của nó bằng đường kính đáy lớn của hình côn, còn chiều cao được xác định từ điều kiện cân bằng diện tích bề mặt giữa phôi và chi tiết.

Các chi tiết hình côn cao $h/d > 0,7$ và góc nghiêng của đường sinh với phương thẳng đứng $\alpha = 10^\circ \div 30^\circ$ cần phải dập qua nhiều nguyên công theo hai phương pháp sau:

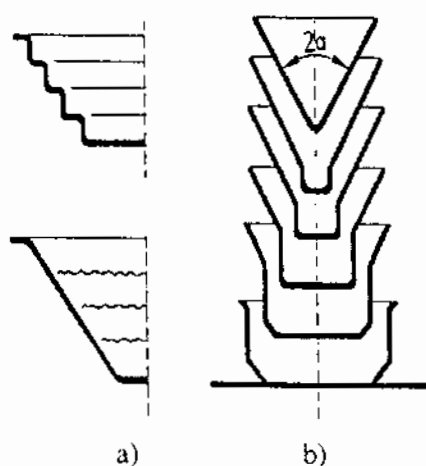
- Phương pháp thứ nhất: Dập vuốt nhiều nguyên công để tạo thành chi tiết hình trụ bậc, sau đó là phẳng để tạo thành hình côn trong khuôn đặc biệt (hình 4.35a). Phương pháp này có nhược điểm là bề mặt chi tiết côn không bằng phẳng. Vì vậy cần phải tiến hành gia công trên máy miết để làm nhẵn bề mặt côn sau khi dập.
- Phương pháp thứ hai: Ở nguyên công đầu dập vuốt thành hình trụ có đường kính bằng đường kính đáy lớn của hình côn, sau đó mỗi nguyên công tiếp theo sẽ tạo dần bề mặt của hình côn cho đến khi đạt được mặt côn hoàn chỉnh theo bản vẽ (hình 4.35b). Chất lượng bề mặt của chi tiết côn khi dập theo phương pháp này cao hơn so với phương pháp thứ nhất.

Khi dập vuốt các chi tiết hình côn cao theo phương pháp thứ hai, để ngăn ngừa khả năng tạo nếp nhăn, ở tất cả các nguyên công (trừ nguyên công đầu) cần phải lấy giá trị mức độ dập vuốt cho phép lớn hơn (so với giá trị trong bảng). Chẳng hạn đối với thép cacbon thấp $K_{gh} = 1,2 \div 1,35$.

Khi dập chi tiết hình côn theo phương pháp thứ hai, đường kính của các phần hình trụ ở các nguyên công được xác định giống như khi dập vuốt chi tiết hình trụ, nghĩa là:

$$d_n = \frac{d_{n-1}}{K_n}$$

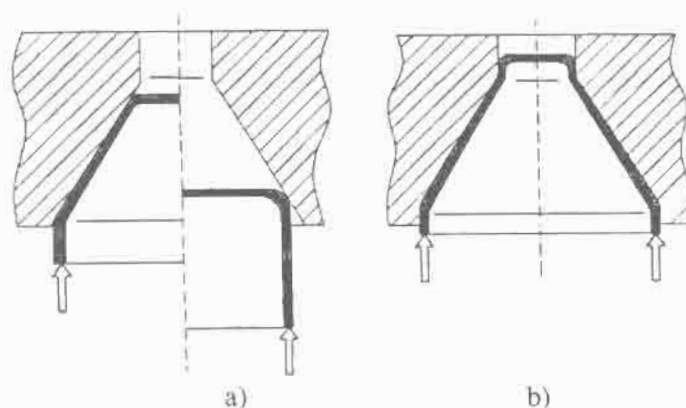
Chi tiết hình côn cao cũng có thể được chế tạo từ phôi rỗng hình trụ bằng cách dập vuốt có nén dọc trục về phía đáy. Khi đó phôi được đẩy vào trong cối hình côn với lực đẩy tác dụng lên bề mặt đầu của nó (hình 4.36.a).



Hình 4.35. Các phương pháp dập vuốt chi tiết hình côn cao.

Trong quá trình ép đường kính của phần đáy phôi giảm dần. Khi đường kính đáy bằng khoảng một nửa đường kính phôi ban đầu thì phần đáy phẳng ban đầu sẽ bị lỗi ra, điều đó sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho việc tạo hình phần đỉnh côn.

Giai đoạn kết thúc quá trình dập chi tiết hình côn cao bằng phương pháp nén dọc trục được biểu diễn trên hình 4.36.b.



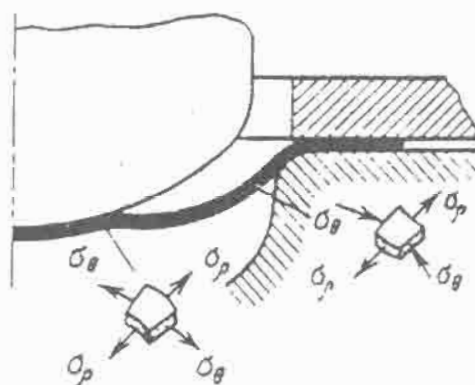
Hình 4.36. Dập chi tiết hình côn cao bằng phương pháp ép dọc trục:
a- giai đoạn bắt đầu; b- giai đoạn kết thúc.

Khi dập theo phương pháp này số nguyên công giảm đi đáng kể so với phương pháp truyền thống.

4.5.4. Dập vuốt chi tiết bán cầu

Điều kiện biến dạng khi dập vuốt chi tiết bán cầu từ phôi phẳng sau một nguyên công cũng tương tự như khi dập chi tiết hình côn. Sự khác biệt là ở chỗ khi dập vuốt chi tiết hình côn thấp, phần phôi tiếp xúc với chày bị biến dạng dần hồi còn khi dập vuốt chi tiết bán cầu hầu như toàn bộ phôi ngay cả phần tiếp xúc với chày đều bị biến dạng dẹt. Ngoài ra khi dập vuốt chi tiết bán cầu, ở giai đoạn đầu của quá trình biến dạng phần diện tích phôi tự do không chịu tải (so với toàn bộ phôi) lớn hơn so với khi dập vuốt chi tiết hình côn.

Tại những vùng khác nhau của phôi trạng thái ứng suất (TTUS) và biến dạng cũng khác nhau: Tại vùng tâm phôi TTUS phẳng gồm hai thành phần ứng suất kéo; còn ở vùng mép làm việc của cối TTUS phẳng,

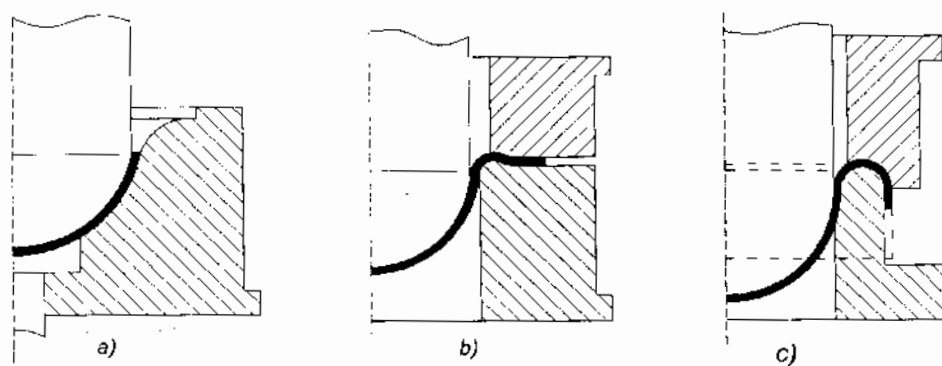


Hình 4.37. Sơ đồ trạng thái ứng suất tại ổ biến dạng ở giai đoạn đầu của quá trình dập vuốt khi dập chi tiết bán cầu.

nhưng có ứng suất nén theo hướng tiếp tuyến σ_θ và ứng suất kéo hướng kính σ_r . Hình dạng của đường sinh ở phần phôi tự do không mang tải có dạng đường cong lồi (hình 4.37).

Do ở vùng tâm của phôi bị biến dạng với hai thành phần ứng suất kéo nên bị biến mỏng cục bộ và làm tăng diện tích bề mặt tiếp xúc của chày với phôi. Nếu lực ma sát trên bề mặt tiếp xúc của chày nhỏ hoặc không có (chẳng hạn khi đập với chày bằng chất lỏng), sự biến mỏng quá mức tại vùng này có thể dẫn đến sự xuất hiện những vết nứt tại đỉnh của nó hoặc ở những vùng lân cận.

Để tăng được lực ma sát nhằm phong tỏa sự lan truyền của vùng có khả năng bị phá huỷ (đỉnh chi tiết) người ta thường sử dụng khuôn đập có đối áp nhằm ép chặt phôi vào bề mặt của chày, hoặc khuôn có bề mặt chày được làm tăng độ nhám tại vùng tiếp xúc với phôi.



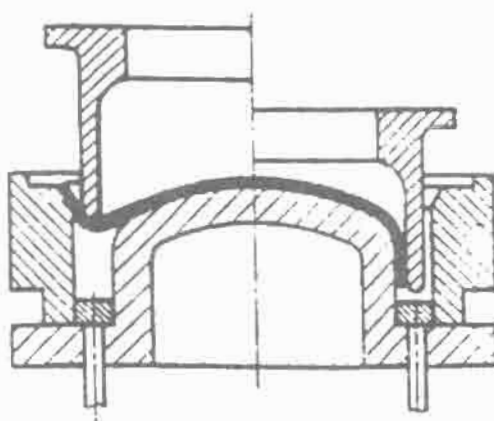
Hình 4.38. Các phương pháp đập vuốt chi tiết bán cầu.

Khi đập vuốt chi tiết bán cầu, ở vùng phôi tự do không chịu tải có thể tạo thành những nếp nhăn tùy thuộc vào chiều dày tương đối của phôi $\frac{S}{D_0} \cdot 100$. Vì vậy người ta thường chọn phương pháp đập vuốt chi tiết bán cầu với điều kiện không có nếp nhăn. Nếu chiều dày tương đối của phôi $\frac{S}{D_0} \cdot 100 > 3$ thì có thể đập vuốt không cần chặn sau một nguyên công trong cối đặc với quá trình tạo hình và nắn ở cuối hành trình đập (hình 4.38a). Nếu chiều dày tương đối của phôi $\frac{S}{D_0} \cdot 100 < 3$ thì việc đập vuốt chi tiết bán cầu sẽ được thực hiện có chặn phôi trong cối hờ và có gân vuốt (hình 4.38b) hoặc đập ngược chiều từ phôi hình trụ (hình 4.38c).

Các chi tiết sâu, có thành mỏng với đường sinh cong (dạng như pha đèn của các thiết bị chiếu sáng) thường được đập sau một vài nguyên công. Ở nguyên công đầu tiên người ta đập thành chi tiết hình trụ có đáy phẳng hoặc lồi, đường kính của nó lớn hơn đường kính đáy của chi tiết một lượng bằng 2 lần chiều dày của thành vòng cối vuốt để có thể đập vuốt

ngược (đảo chiều); thường từ 30 + 50 mm. Ở nguyên công cuối cùng người ta tiến hành dập vuốt ngược từ phôi hình trụ (hình 4.38c).

Để dập vuốt các chi tiết dạng đáy cầu người ta còn sử dụng một phương pháp hợp lý hơn là phối hợp giữa dập vuốt ngược và dập vuốt thuận. Việc kéo phôi qua hai mép làm việc của vòng chày cối (hình 4.39) sẽ làm tăng ứng suất kéo tại vùng đáy của chi tiết, điều đó làm giảm ứng suất nén σ_0 và vì thế hạn chế hiện tượng nhăn. Cùng với việc giảm dần đường kính của phần mép chi tiết đồng thời với việc giữ chặt phôi ở giai đoạn đầu của quá trình dập vuốt thuận làm tăng mức độ ổn định của phôi. Khi dập vuốt sẽ hình thành những nếp nhăn không lớn và sẽ được là phẳng trong quá trình dịch chuyển phôi vào khe hở giữa chày và cối.



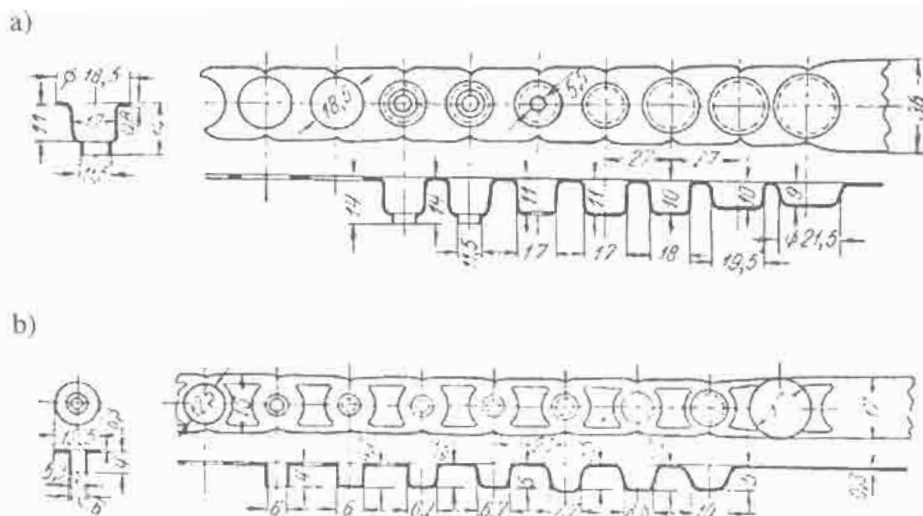
Hình 4.39. Khuôn để dập vuốt phối hợp đảo chiều chi tiết đáy cầu.

4.6. DẬP VUỐT LIÊN TỤC NHIỀU NGUYÊN CÔNG TRÊN BĂNG

Bản chất của quá trình là dập liên tục nhiều nguyên công các chi tiết bán thành phẩm một cách trực tiếp trên băng.

Các bán thành phẩm được giữ ở trên băng nhờ các mạch nối đã được tính toán trước để có thể liên kết hoặc ép các bán thành phẩm vào các hốc tương ứng. Ở nguyên công cuối cùng, chi tiết sẽ được cắt theo đường bao và tách ra khỏi băng (hình 4.40).

Khi dịch chuyển băng tương đối với khuôn thì tất cả các bán thành phẩm cùng dịch chuyển theo. Chính vì vậy băng kim loại còn là phương tiện để “vận tải” các bán thành phẩm. Trên băng có thể dập các chi tiết có hình dạng khác nhau như: cắt - đột các chi tiết phẳng; uốn các chi tiết cong ở trong khuôn và dập vuốt, lên vành các chi tiết rỗng v.v... Kích thước của các chi tiết dập vuốt trên băng thường không lớn (khoảng 40 ÷ 50 mm) còn kích thước của các chi tiết nhận được bằng phương pháp cắt-đột có thể đạt 200 ÷ 250 mm với chiều dày băng từ 2 ÷ 3 mm.



Hình 4.40. Các bước dập vuốt trên băng:
a- không có cắt trích, b- có cắt trích.

Trên các băng rộng 330 mm người ta có thể dập các chi tiết vỏ của đèn pha ô tô, trong khuôn 9 vị trí tác dụng liên tục với chiều dài khuôn khoảng gần 4000 mm.

Những ưu việt khi dập trên băng là: năng suất rất cao, an toàn trong quá trình làm việc, có khả năng tự động hoá quá trình truyền phối băng vào trong khuôn và có thể kết hợp một số lượng lớn nguyên công trong cùng một khuôn tác dụng liên tục (đến 10 nguyên công) trong khi khuôn tác dụng phối hợp chỉ có thể kết hợp 2 đến 3 nguyên công.

Nhược điểm của phương pháp này là kích thước của chi tiết dập bị hạn chế, lượng kim loại phế liệu nhiều do phải tăng trị số mạch nối, thiết bị dễ dập phức tạp và đắt tiền, do vậy chỉ thích hợp với sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối.

Quá trình dập vuốt các chi tiết ở trên băng có thể thực hiện theo sơ đồ dập vuốt các chi tiết có vành rộng (xem hình 4.30).

Để xác định đường kính của bán thành phẩm ở các bước dập vuốt cần phải biết được mức độ dập vuốt cho phép ở mỗi nguyên công. Giá trị của mức độ dập vuốt cho phép được xác định trong sổ tay và trong các tài liệu kỹ thuật chuyên ngành.

Đối với thép các bon thấp giá trị của mức độ dập vuốt cho phép thay đổi từ $(2,63 \div 1,96)$ ở nguyên công đầu và từ $(1,37 \div 1,19)$ ở các nguyên công trung gian. Các giá trị của mức độ dập vuốt ở trên là các giá trị tới hạn, vì vậy khi thiết kế quy trình công nghệ cần phải lấy giá trị giảm đi từ 10 ÷ 15%.

Nếu dập vuốt ở trên băng tiến hành theo sơ đồ dập vuốt chi tiết hình trụ có vành rộng, đồng thời có đẩy phối vào trong cối thì mức độ biến dạng tổng cộng không có ủ trung gian, có thể rất lớn; mức độ dập vuốt tổng cộng cho phép đối với thép cacbon thấp có thể đến 7,14; đối với nhôm: 6,25; đối với đồng thau Л62 và Л63 là: $(5 \div 3,7)$.

Khi dập vuốt ở trên băng lực biến dạng cần thiết để chọn máy có thể xác định một cách gần đúng (có sự dư thừa một chút) bằng tổng các lực biến dạng ở các bước dập (trong đó có cả lực cắt trích, lực cắt mép vành và lực nắn phẳng vành...).

Dập liên tục nhiều nguyên công trên băng được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp khác nhau để chế tạo các chi tiết không lớn trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối.

4.7. DẬP VUỐT CÁC CHI TIẾT HÌNH HỘP

4.7.1. Trạng thái ứng suất và biến dạng

Tùy thuộc vào các thông số kích thước của hình hộp và số nguyên công cần thiết người ta chia các hộp thành 2 loại chính: hình hộp thấp và hình hộp cao. Các chi tiết hình hộp thấp thường được dập vuốt sau một nguyên công, còn các chi tiết hình hộp cao cần phải dập nhiều nguyên công.

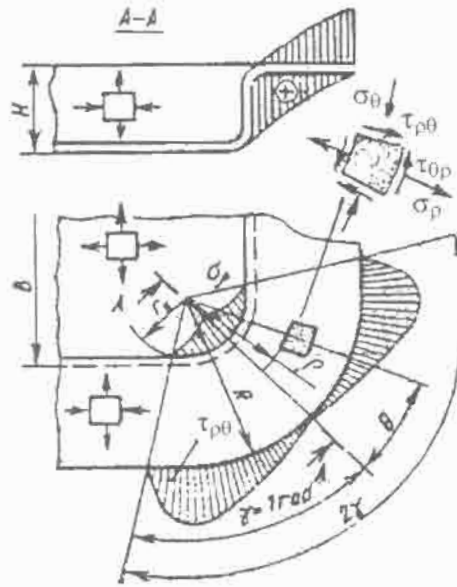
Các chi tiết hình hộp có chiều cao tương đối $H/B \leq (0,6 + 0,8)$ và bán kính lượn tương đối ở góc hộp $r_g/B \geq 0,1$ được coi là hình hộp thấp. Còn các hình hộp có $H/B > (0,6 + 0,8)$ được coi là các chi tiết hình hộp cao.

Khi dập vuốt các chi tiết hình hộp, ở biến dạng dẻo là ở các góc hộp, nó bao trùm một vùng tiếp giáp của phần vành và cạnh bên của hộp. Trạng thái ứng suất ở phần góc của vành là trạng thái ứng suất phẳng còn trạng thái biến dạng là khối. Các phần thành thẳng của chi tiết có trạng thái ứng suất - biến dạng phức tạp và không đồng đều: nén dọc chu vi và kéo theo hướng thẳng đứng (hình 4.41). Chiều cao của chi tiết càng lớn thì đặc điểm về sự phân bố ứng suất và biến dạng không đồng đều càng lớn.

Khi dập vuốt các chi tiết hình hộp, tại các góc và phần lượn cong của vành không chỉ có các ứng suất pháp σ_p và σ_θ tác dụng theo hướng kính và hướng tiếp tuyến mà còn có cả ứng suất tiếp $\tau_{p\theta}$ và $\tau_{\theta p}$ (theo định luật đối ngẫu) tác dụng theo hướng đối tiếp với hướng của ứng suất pháp (hình 4.41). Những ứng suất tiếp này phát sinh là do sự biến dạng không có tính đối xứng trục và do đó dẫn đến sự phân bố biến dạng không đồng đều dọc theo chu vi của chi tiết. Tại đường phân giác của phần góc hộp không có ứng suất tiếp (vì nó là trục đối xứng của phần này) còn ở chỗ tiếp giáp giữa phần thẳng và phần cong của đường bao, trị số của ứng suất tiếp đạt giá trị cực đại.

Do tính liên tục của kim loại, những ứng suất tiếp này giảm dần theo hai hướng ngược chiều nhau: một về phía đường phân giác của góc 2γ và một về phía phần thành thẳng của đường bao (hình 4.41).

Các ứng suất tiếp còn thay đổi cả theo chiều rộng của vành, nó tăng dần từ mép lượn của cối đến mép ngoài của phần vành. Như vậy ứng suất tiếp thay đổi dọc theo hai tọa độ: ρ và θ (hình 4.41).



Hình 4. 41. Biểu đồ ứng suất ở phần vành khi đập vuốt chỉ tiết hình hộp thấp.

A. G. Ovtrinhikôn đã đưa ra công thức để xác định ứng suất kéo hướng kính bằng cách phối hợp giải phương trình cân bằng và phương trình dẻo với các điều kiện biên, khi $\theta = 0$ và $\rho = R$ thì:

$$\sigma_{\rho} = \frac{\mu \cdot Q}{\pi \cdot R \cdot S}$$

$$\sigma_{\rho} = \frac{\sigma_s}{\gamma \cdot \sqrt{3}} \left(\ln \frac{R}{\rho} - \theta^2 \right) + \frac{\mu \cdot Q}{\pi \cdot R \cdot S} \quad (4-39)$$

Phân tích công thức này chúng ta có thể thấy rằng: ứng suất kéo σ_{ρ} sẽ tăng lên khi ρ và θ giảm. Nếu $\rho = r_g$ và $\theta = 0$ thì ứng suất kéo hướng kính đạt giá trị cực đại:

$$\sigma_{\rho_{\max}} = \frac{\sigma_s}{\gamma \cdot \sqrt{3}} \cdot \ln \frac{R}{r_g} + \frac{\mu \cdot Q}{\pi \cdot R \cdot S} \quad (4-40)$$

trong đó: r_g - bán kính lượn ở góc hộp;

R - bán kính lượn ở mép ngoài của vành;

Q - lực chặn phối.

Bằng thực nghiệm người ta đã xác định được rằng: góc γ xác định độ choán của ổ biến dạng dẻo có thể được coi bằng 1 radial: $\gamma = 1 \text{ rad}$.

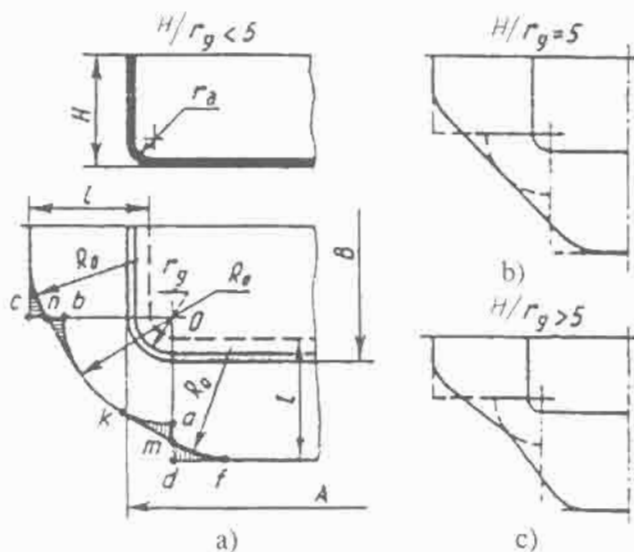
Trong trường hợp này ứng suất kéo hướng kính cực đại tại ổ biến dạng sẽ là:

$$\sigma_{\rho_{\max}} = \frac{\sigma_s}{\sqrt{3}} \cdot \ln \frac{R}{r_g} + \frac{\mu \cdot Q}{\pi \cdot R \cdot S} \quad (4-40a)$$

So sánh kết quả đã nhận được (không tính số hạng thứ 2) với công thức (9-5): $\sigma_p = \beta \cdot \sigma_s \cdot \ln \frac{R}{\rho}$ chúng ta có thể thấy rằng: khi dập vuốt chi tiết hình hộp, ứng suất $\sigma_{p \max}$ tại phân giác của góc 2γ ($\theta = 0$) nhỏ hơn 1,73 lần so với ứng suất kéo hướng kính cực đại khi dập vuốt chi tiết hình trụ có cùng kích thước $d = 2r_g$. Điều đó là do sự mất tác dụng của các ứng suất tiếp, xuất hiện do sự biến dạng không đối xứng trục khi dập vuốt chi tiết hình hộp và hướng thuận lợi của các ứng suất này là từ tâm của phần cong đường bao đến giới hạn giữa vùng uốn và dập vuốt. Kết luận này đã được thực tế xác nhận: mức độ biến dạng giới hạn cho phép khi dập vuốt chi tiết hình hộp thấp, cao hơn khoảng $1,5 \div 2$ lần so với khi dập vuốt chi tiết hình trụ.

Khi dập vuốt các chi tiết hình hộp có thành mỏng, ở các góc hộp thường có các ứng suất pháp tác dụng theo hướng tiếp tuyến, có giá trị lớn hơn so với ứng suất pháp tác dụng dọc theo phần thành thẳng của hộp. Khi bỏ tải trọng tác dụng sẽ xuất hiện biến dạng đàn hồi ở phần góc và phần thành thẳng khác nhau dẫn đến sự xuất hiện những ứng suất nên có thể gây nên uốn đàn hồi phần thành.

4.7.2. Xác định kích thước và hình dạng của phôi



Hình 4. 42. Sơ đồ xây dựng phần đường bao của phôi ở góc hộp để dập vuốt chi tiết hình hộp thấp với chiều cao tương đối khác nhau:

a- $H/r_g < 5$; b- $H/r_g = 5$; c- $H/r_g > 5$.

Kích thước và hình dạng của phôi để dập vuốt chi tiết hình hộp được xác định từ điều kiện cân bằng diện tích bề mặt giữa phôi và chi tiết. Hình dạng của phôi tùy thuộc vào tỷ số giữa các thông số kích thước cơ bản của hộp như: chiều cao tương đối H/B ; chiều rộng tương đối B/A và bán kính tương đối ở góc hộp r_g/B (xem hình 4.42). Tùy theo các kích thước

tương đối của chi tiết mà người ta có thể sử dụng các phương pháp khác nhau để xây dựng đường bao của phôi. Những phương pháp xây dựng đường bao của phôi và lĩnh vực sử dụng chúng đã được đưa ra trong các sổ tay công nghệ.

Chúng ta hãy khảo sát trình tự xây dựng đường bao của phôi cho một số trường hợp thường gặp trong thực tế:

Xây dựng đường bao của phôi để dập vuốt chi tiết hình hộp thấp có tỷ số $H/r_g < 5$ (hình 4.42.a).

1) Đường bao của chi tiết trong các hình chiếu được vẽ với tỷ lệ thích hợp, sau đó khai triển phần thành thẳng của hộp trên mặt phẳng, độ dài khai triển của phần thành thẳng L (được tính từ phần đáy phẳng của chi tiết) được xác định như khi xác định kích thước của phôi uốn:

$$L = H + 0,57.r_d$$

trong đó: H - chiều cao của hộp;

r_d - bán kính lượn ở đáy hộp.

2) Từ điều kiện cân bằng diện tích bề mặt giữa phôi và chi tiết chúng ta có thể xác định được bán kính phôi ở góc hộp (để tạo ra hình trụ có đường kính $d = 2.r_g$ với chiều cao H và bán kính ở đáy bằng r_d của hộp).

$$R_0 = \sqrt{r_g(r_g + 2H) - r_d(0.86r_g + 0.14r_d)}$$

Nếu bán kính lượn ở đáy nhỏ ($r_d \approx 0$) thì bán kính phôi ở góc hộp sẽ là:

$$R_0 = \sqrt{r_g(r_g + 2H)}$$

3) Từ tâm O (tâm của bán kính lượn ở góc) vẽ cung ab với bán kính R_0 cắt các cạnh thẳng Oc và Od là giới hạn của các phần thành thẳng.

4) Qua điểm giữa m và n của các đoạn ad và cb vẽ các tiếp tuyến với cung tròn ab .

5) Hiệu chỉnh đường bao của phôi tại những điểm gấp khúc bằng các cung có bán kính R_0 .

Như vậy phương pháp xây dựng đường bao của phôi để dập vuốt chi tiết hình hộp thấp ở trên, phần kim loại bị cắt bỏ đi ở phần thành thẳng (tam giác mdf) sẽ được bù lại bởi phần kim loại thêm vào ở phần góc (tam giác akm) do có sự chảy kim loại ở góc lượn sang phần thành thẳng (hình 4.42.a).

Khi chiều cao tương đối ở góc hộp $H/r_g = 5$ thì hình dạng của phôi ở góc hộp không phải là đường cong lồi như $H/r_g < 5$ mà là một phần đường thẳng với bán kính chuyển tiếp nhỏ. Khi $H/r_g > 5$ hình dạng phôi ở góc bị lõm vào trong (hình 4.42b và c).

Thực nghiệm đã chứng minh rằng: để dập vuốt các chi tiết hình hộp cao có thể sử dụng phôi là hình tròn có đường kính D_0 được xác định dựa vào điều kiện cân bằng diện

tích bề mặt giữa phôi và chi tiết. Nếu không tính đến bán kính lượn ở đáy và ở góc, khi đó sẽ không tính lượng dư để cắt mép (điều đó cho phép khi xác định một cách gần đúng) thì đường kính của phôi có thể xác định theo công thức:

$$D_0 = 1,13 \cdot \sqrt{B \cdot (B + 4H)} \quad (4-41)$$

trong đó:

B - cạnh của hình hộp vuông;

H - chiều cao của hộp.

Khi tính đến bán kính lượn ở đáy và ở góc, đường kính của phôi có thể xác định một cách chính xác hơn (nếu coi $r_g = r_d = r$):

$$D_0 = 1,13 \sqrt{B^2 + 4B \cdot (H - 0,43r) - 1,72 \cdot r \cdot (H + 0,33r)} \quad (4-42)$$

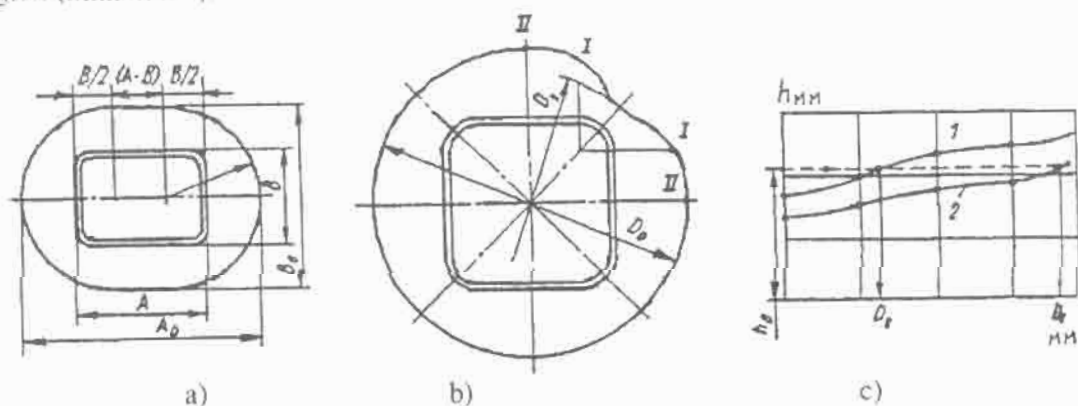
trong đó:

B - cạnh của hộp vuông;

H - chiều cao của hộp kể cả lượng dư cắt mép;

r - bán kính lượn ở góc và đáy hộp.

Phôi để dập vuốt các chi tiết hình hộp chữ nhật cao có bán kính góc lượn tương đối lớn ($r_g/B > 0,2$) có dạng hình elip. Khi dập vuốt với hình dạng phôi elip, mức độ biến dạng ở những phần khác nhau của chi tiết tương đối đồng đều, tuy nhiên việc sử dụng phôi elip không phải là ưu việt nhất. Để dập vuốt các chi tiết hình hộp tương đối cao, người ta thường sử dụng phôi ôvan, đường bao của nó được tạo bởi 2 nửa đường tròn và 2 tiếp tuyến với chúng. Kích thước của phôi ôvan được xác định nếu ta coi hình hộp chữ nhật được tạo bởi 2 nửa hình hộp vuông có kích thước $B/2$ ở 2 đầu và phần chuyển tiếp có kích thước $(A - B)$ ở giữa (hình 4.43a).



Hình 4.43. Phôi để dập vuốt chi tiết hình hộp:

a- hình hộp chữ nhật; b- hình hộp vuông; c- quan hệ giữa chiều cao của chi tiết hình hộp và đường kính của phôi.

Như vậy kích thước của phôi được xác định bởi 2 nửa đường tròn có đường kính D_0 (theo công thức 4-41 hoặc 4-42) chính là đường kính phôi để dập vuốt hình hộp vuông có cạnh B và chiều cao H giống như của hình hộp chữ nhật có cạnh Ax B và chiều cao H. Tâm của 2 nửa đường tròn chính là tâm của 2 nửa hình hộp vuông quy ước. Chiều rộng của phôi sẽ là: $B_0 = 2R_0$ và chiều dài $A_0 = 2R_0 + A - B$ (hình 4.43a).

Chiều cao của chi tiết dập vuốt càng lớn thì sự không đồng đều càng lớn do điều kiện biến dạng không giống nhau ở những phần khác nhau của đường bao và do tính dị hướng của kim loại phôi. Vì vậy, trong quá trình công nghệ chế tạo các chi tiết hình hộp cần phải dự tính khả năng phải cắt bỏ phần mép không đều của chiều cao. Lượng dư để cắt mép ΔH tùy thuộc vào chiều cao tương đối của chi tiết H/B. Nếu H/B càng lớn thì lượng dư ΔH càng lớn. Trên cơ sở thực nghiệm, lượng dư để cắt mép thường lấy khoảng $5 \div 15\%$ chiều cao của chi tiết hoặc có thể tính theo công thức kinh nghiệm: $\Delta H = 0,8 \sqrt{H}$.

Các số liệu đưa ra ở trên chỉ để xác định một cách gần đúng kích thước của phôi, khi nghiên cứu quá trình công nghệ dập vuốt cần phải xác định chính xác hơn.

Chỉ có thể nhận được các chi tiết hình hộp có chiều cao đồng đều bằng cách dập vuốt từ phôi định hình, đường bao của nó được xây dựng có tính đến tính dị hướng của kim loại tấm. Phương pháp xây dựng đường bao của phôi để dập vuốt chi tiết hình hộp vuông được nghiên cứu trên cơ sở lý thuyết chảy dẻo của kim loại. Việc giải bài toán này bằng phương pháp thử trong điều kiện phức tạp hơn so với bài toán xác định đường bao của phôi định hình để dập vuốt chi tiết hình trụ. Chúng ta chỉ khảo sát phương pháp xây dựng hình dạng của phôi để dập vuốt chi tiết hình hộp vuông theo các số liệu thực nghiệm.

Dựa vào kết quả đo chiều cao của hình hộp vuông tại các phần thành thẳng và phần góc lượn của đường bao chi tiết, khi dập vuốt từ phôi phẳng hình tròn với các đường kính khác nhau (khi phôi được định hướng xác định đối với cối), sau đó xây dựng đồ thị quan hệ giữa chiều cao của chi tiết và đường kính của phôi ở các góc và ở các cạnh hộp (hình 4.43c đường cong 1 và 2 tương ứng). Nếu chúng ta sử dụng những số liệu này để xác định kích thước cực đại (D_0) và kích thước nhỏ nhất D_y thì kích thước của phôi định hình đã được chỉ ra như trên hình 4.43b. Đường bao của phần góc phôi I - I chính là đường côsinxôit, phần còn lại (I - II) là một cung tròn có bán kính bằng bán kính phôi ban đầu.

Khi dập vuốt các chi tiết hình hộp chữ nhật, chiều cao của các phần "tai" sẽ nhỏ nhất (mức độ đồng đều chiều cao của hộp) nếu như phôi có dạng elip hoặc ô van được đặt hướng R_{\max}^* dọc theo trục lớn của lỗ cối.

4.7.3. Lực dập vuốt

Khi dập vuốt các chi tiết hình hộp, quá trình biến dạng không có tính chất đối xứng trục, vì vậy ứng suất kéo hướng kính phân bố dọc theo đường bao của của chi tiết là không

đồng đều. Ngoài ra, thực nghiệm đã chỉ ra rằng: trong toàn bộ phần vành của chi tiết dập vuốt (kể cả hình hộp chữ nhật) đều có không chỉ ứng suất kéo mà còn cả ứng suất nén (đọc theo chu vi). Những ứng suất này sẽ giảm dần khi càng xa phần góc của đường bao. Xác định mức độ ảnh hưởng của hiện tượng này đến lực dập vuốt chi tiết hình hộp bằng phương pháp lý thuyết là không thể thực hiện được. Vì vậy chỉ có thể giải bài toán này một cách gần đúng do phải sử dụng hàng loạt các giả thiết đơn giản hoá.

Khi dập vuốt các chi tiết hình hộp vuông có bán kính lượn ở góc tương đối lớn, trạng thái ứng suất của ổ biến dạng ở phần góc hộp tương tự như trạng thái ứng suất khi dập vuốt chi tiết hình trụ. Xuất phát từ giả thiết này: giá trị trung bình của ứng suất kéo gần đúng bằng ứng suất sinh ra khi dập vuốt chi tiết hình trụ có đường kính tương đương. Đường kính của chi tiết hình trụ tương đương được xác định từ điều kiện cân bằng giữa các chu vi của hình hộp vuông với chu vi của chi tiết hình trụ:

$$d_{\text{tương đương}} = \frac{4}{\pi} \cdot (B - 0,43 \cdot r_g)$$

trong đó:

B - cạnh của hình hộp vuông;

r_g - bán kính lượn ở góc hộp.

Trên cơ sở đó, lực để dập vuốt chi tiết hình hộp vuông được xác định bằng tích số giữa diện tích tiết diện ngang của chi tiết hình trụ quy ước có đường kính $d_{\text{tương đương}}$ với ứng suất kéo lớn nhất $\sigma_{p\max}$:

$$P_{h/h \text{ vuông}} = \pi \cdot d_{\text{tương đương}} \cdot S \cdot \sigma_{p\max} = 4 \cdot (B - 0,43 \cdot r_g) \cdot S \cdot \sigma_{p\max} \quad (4-43)$$

trong đó: $\sigma_{p\max}$ là ứng suất kéo lớn nhất được xác định theo công thức (4-40a) với

$$r_g = d_{\text{tương đương}} / 2.$$

Khi dập vuốt chi tiết hình hộp chữ nhật cao, sự phân bố không đồng đều của ứng suất dọc theo chu vi của chi tiết lớn hơn so với khi dập vuốt chi tiết hình hộp thấp. Nếu tỷ số giữa các cạnh của hình hộp chữ nhật lớn ($A/B > 2$) thì khi kéo phôi vào trong cối sẽ xuất hiện những ứng suất phụ do tác động của lực ma sát và lực uốn trong các phần thành thẳng của đường bao chi tiết. Tác giả O.V. Popov đã đề xuất phương pháp xác định lực để dập vuốt chi tiết hình hộp chữ nhật có tính đến lực ma sát bằng tổng của lực dập vuốt chi tiết hình hộp vuông quy ước (có cạnh bằng cạnh ngắn của chi tiết hình hộp chữ nhật) và lực cần thiết để uốn và thẳng lực ma sát tiếp xúc khi biến dạng phần trung tâm của chi tiết (có độ dài bằng hiệu số các kích thước A và B), xem hình (4 - 43a).

Công thức để xác định lực dập vuốt chi tiết hình hộp chữ nhật cao có tính đến các giả thiết và các điều kiện cần thiết đã nêu trên có dạng sau:

$$P_{\text{chữ nhật}} = 4 \cdot (B - 0,43 \cdot r_g) \cdot S \cdot \sigma_{p\max} + 2(A - B) \cdot (\sigma_{\text{ma sát}} + \sigma_{\text{uốn}}) \cdot (1 + 1,6\mu) \quad (4-44)$$

trong đó:

σ_{pmax} - ứng suất kéo cực đại ở góc chi tiết;

A, B - các cạnh của hình hộp chữ nhật;

S - chiều dày vật liệu phôi;

$\sigma_{ma\ s\at{at}}$ - trở lực ma sát riêng do lực chặn phôi;

$\sigma_{u\o\at{on}}$ - trở lực uốn riêng tại phần giữa của chi tiết hình hộp (phần thành thẳng) khi kéo phôi vào trong cối $\sigma_{u\o\at{on}} \approx \sigma_S$.

V. P. Romanopski cũng đã đưa ra công thức tính toán để xác định lực dập vượt chi tiết hình hộp như sau:

$$P_{\text{hình hộp}} = L.S.\sigma_b.\alpha$$

trong đó:

L - chu vi của hình hộp;

S - chiều dày vật liệu;

σ_b - giới hạn bền của vật liệu phôi;

$\alpha = 0,3 \div 1,1$ là hệ số phụ thuộc vào hình dạng và kích thước của chi tiết, chiều dày tương đối của phôi, vật liệu phôi và mức độ biến dạng (nếu mức độ biến dạng càng lớn thì trị số α càng lớn).

Khi dập vượt chi tiết hình hộp, ứng suất nén theo hướng tiếp tuyến phân bố không đều dọc theo đường bao của vành, do đó lực chặn để chống nhàn cũng cần phải không đều.

Theo số liệu của A. A. Bebric, lực chặn phụ thuộc vào trở lực biến dạng tức thời của vật liệu phôi: σ_b ; chiều dày tương đối của phôi: $S/(A + B + 4.r_g)$ và hình dạng của phần vành (phần thẳng hoặc cong). Khi tăng trở lực biến dạng σ_b lực chặn trên toàn bộ phần vành sẽ tăng lên, trong khi đó nếu tăng chiều dày tương đối của phôi thì lực chặn ở các phần thành thẳng của vành sẽ tăng lên còn ở góc thì giảm đi. Như vậy lực chặn có thể được xác định bằng tổng của hai thành phần:

$$Q = F_{\text{g\o\at{c}}}q_{\text{g\o\at{c}}} + F_{\text{th\at{ang}}}q_{\text{th\at{ang}}}$$

trong đó:

$F_{\text{g\o\at{c}}}$ và $F_{\text{th\at{ang}}}$ - lần lượt là diện tích các phần góc và các phần thành thẳng của vành phôi (ở thời điểm bắt đầu dập vượt);

$q_{\text{g\o\at{c}}}$ và $q_{\text{th\at{ang}}}$ - lần lượt là áp lực chặn riêng ở phần góc và phần thành thẳng. Thường giá trị của $q_{\text{g\o\at{c}}}$ và $q_{\text{th\at{ang}}}$ phụ thuộc vào các yếu tố đã nêu trên và thay đổi trong giới hạn:

$$q_{\text{g\o\at{c}}} = (0,24 \div 2,32) \text{ MPa}$$

$$q_{\text{th\at{ang}}} = (0,24 \div 3,45) \text{ MPa}$$

4.7.4. Mức độ dập vuốt, hình dạng và kích thước của các bán thành phẩm ở các nguyên công trung gian

Khi dập vuốt các chi tiết hình hộp, cần qua nhiều nguyên công, mức độ dập vuốt ở mỗi nguyên công được xác định bằng tỷ số giữa bán kính lượn ở góc hộp của nguyên công trước và nguyên công sau hoặc ở nguyên công đầu là tỷ số giữa bán kính phôi R_O và bán kính lượn ở góc của nguyên công đó:

$$K_1 = \frac{R_O}{r_{g(1)}}$$

$$K_n = \frac{r_{g(n-1)}}{r_{g(n)}}$$

Giá trị giới hạn của mức độ dập vuốt K_{gh} phụ thuộc vào tính chất cơ học của vật liệu phôi, vào chiều dày tương đối của phôi, vào hình dạng và các kích thước tương đối của chi tiết dập vuốt.

- Đối với hợp kim nhôm: $K_{gh} = 3,44 \div 2,56$.

- Đối với thép 10: $K_{gh} = 3,57 \div 2,08$.

Giá trị của mức độ dập vuốt K_n ở mỗi nguyên công cần phải đảm bảo nhỏ hơn hoặc bằng K_{gh} . Trong trường hợp khi điều kiện đó không được thoả mãn thì cần phải sử dụng nguyên công phụ để làm giảm bán kính lượn ở góc theo kích thước yêu cầu.

Khi dập vuốt các chi tiết hình hộp cao, mức độ dập vuốt tổng cộng có thể được coi là tỷ số giữa độ dài đường bao của phôi L_O và độ dài đường bao của chi tiết:

$$K_{\text{tổng}} = \frac{L_O}{L}$$

hoặc bằng căn bậc hai của tỷ số diện tích phôi và diện tích đáy của hình hộp:

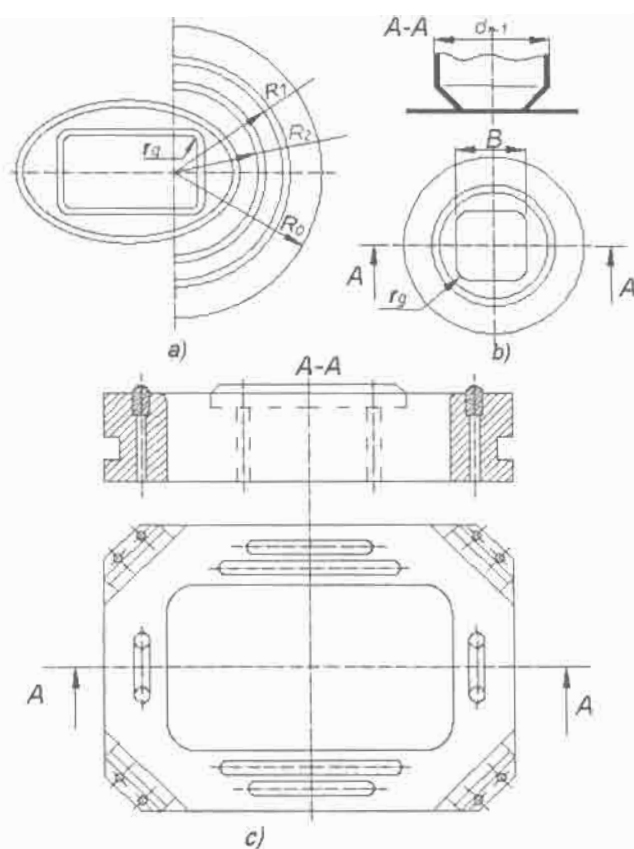
$$K_{\text{tổng}} = \sqrt{F_O / F_{\text{đáy}}}$$

Số nguyên công để dập vuốt chi tiết hình hộp tùy thuộc vào tính chất cơ học của vật liệu phôi; bán kính lượn ở góc hộp: r_g ; chiều cao tương đối: H/B ; tỷ số các kích thước A/B , cũng như phương pháp dập vuốt (có chặn hoặc không có chặn phôi).

Để xác định số nguyên công dập vuốt các chi tiết hình hộp cao người ta thường sử dụng những phương pháp khác nhau dựa trên những số liệu thực nghiệm.

Như chúng ta đã biết phôi để dập vuốt chi tiết hình hộp chữ nhật cao có dạng ô van. Vì thế ngay cả bán thành phẩm ở nguyên công đầu và những nguyên công sau cũng được dập vuốt có dạng ô van (hình 4.44a).

Kích thước của các bán thành phẩm được xác định bởi mức độ biến dạng cho phép ở mỗi nguyên công (hoặc giá trị của mức độ dập vuốt giới hạn) với điều kiện cân bằng diện tích bề mặt và điều kiện cân bằng mức độ biến dạng ở mỗi nguyên công dập vuốt.



Hình 4.44. Các bước dập vuốt chi tiết hình hộp cao:
a- hình hộp chữ nhật; b- hình hộp vuông;
c- cối có gân vuốt để dập vuốt chi tiết hình hộp.

Bán thành phẩm ở nguyên công trước nguyên công cuối cùng có dạng ô van (hoặc hình tứ giác có cạnh lồi và bán kính góc lượn lớn). Hình dạng của nó được vẽ xung quanh đường bao của chi tiết. Ở nguyên công này có thể dập vuốt không có vành chặn của khuôn. Kích thước đường bao của bán thành phẩm được xác định từ điều kiện đảm bảo sự ổn định phân thành của hộp, còn đáy của nó cần có hình dạng và kích thước như của chi tiết hình hộp chữ nhật. Các chi tiết hình hộp vuông cao có tỷ số $H/B > (0,6 \div 0,8)$ thường được dập vuốt từ phôi hình tròn. Vì vậy tất cả các bán thành phẩm đều được dập vuốt thành hình trụ, kích thước của các bán thành phẩm cũng được xác định giống như khi dập vuốt chi tiết hình trụ. Ở nguyên công trước nguyên công cuối cùng người ta dập thành chi tiết hình trụ kết hợp có đáy hình vuông, được vẽ ở mặt cắt ngang của hình trụ, các cạnh của nó bằng các cạnh mặt cắt ngang của chi tiết hình hộp (hình 4.44b). Do đó khi dập vuốt các chi tiết hình hộp vuông cao, mức độ dập vuốt ở tất cả các nguyên công (trừ nguyên công cuối cùng) được lấy (hoặc tính toán) theo phương pháp đã được khảo sát ở phần trước đối với chi tiết hình trụ. Ở nguyên công cuối cùng, khi chuyển từ phôi hình trụ có đáy vuông thành chi tiết hình hộp thì

mức độ dập vuốt K_n có thể được xác định bằng tỷ số giữa chu vi của tiết diện ngang ở nguyên công trước (hình tròn) với chu vi của hình hộp:

$$K_n = \frac{\pi \cdot d_{n-1}}{4 \cdot B}$$

4.7.5. Gân vuốt và trị số khe hở chày-cối

Trong quá trình dập vuốt các chi tiết hình hộp thì trở lực kéo phôi vào trong cối ở những vị trí khác nhau của đường bao là không giống nhau: ở các phần thành thẳng trở lực kéo phôi vào trong cối nhỏ hơn so với các phần cong (góc hộp), thêm vào đó ở các phần cong, trở lực kéo phôi vào trong cối sẽ tăng lên nếu bán kính cong ở góc của cối giảm đi. Chính vì vậy mà các chi tiết hình hộp đã được dập vuốt (kể cả các bán thành phẩm) đều có chiều cao không đồng đều. Chiều cao ở các phần góc hộp thường lớn hơn ở các phần thành thẳng. Ngoài ra, sự không đồng đều về điều kiện kéo phôi dọc theo đường bao của cối cũng gây ra sự không đồng đều về trạng thái ứng suất ở phần thành thẳng của chi tiết điều đó có thể dẫn đến sự phá hủy chi tiết (đứt hoặc rách).

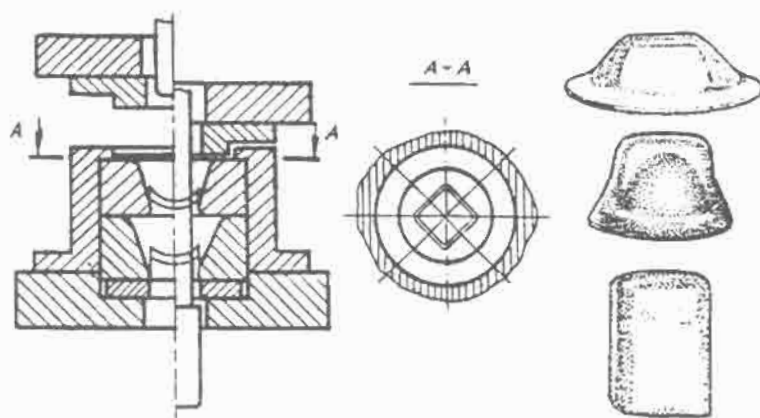
Để có thể tạo ra, mặc dù chỉ là tương đối, sự đồng đều về điều kiện kéo phôi vào trong cối trên toàn bộ đường bao thì ở các phần thành thẳng người ta làm tăng trở lực kéo phôi một cách nhân tạo bằng các gân vuốt đặc biệt (hình 4.44c). Những gân vuốt này có tác dụng cản trở sự dịch chuyển của phôi đối với cối. Hình dạng, kích thước và phương pháp cố định gân vuốt được đưa ra trong các sổ tay công nghệ. Số lượng gân vuốt được xác định bằng thực nghiệm. Gân vuốt chỉ sử dụng khi thực sự cần thiết bởi vì việc gá đặt chúng làm cho khuôn phức tạp thêm và làm tăng giá thành của khuôn.

Vì vậy trong quá trình dập vuốt chi tiết hình hộp, ở phần góc của đường bao chi tiết xảy ra sự tăng dày của phần vành, hiện tượng này cần phải được tính đến khi xác định trị số khe hở giữa chày và cối của khuôn dập vuốt. Như vậy trị số khe hở giữa chày và cối ở phần góc của hình hộp cần phải làm lớn hơn so với phần thành thẳng. Theo số liệu kinh nghiệm: ở các phần thành thẳng khe hở giữa chày và cối là $Z = 1,2S$; còn ở các phần cong khe hở $Z = (1,3 \div 1,4)S$. Hướng lấy khe hở Z ở các nguyên công có thể tùy ý trừ nguyên công cuối cùng. Khi dập vuốt chi tiết cần có kích thước ngoài chính xác thì khe hở Z được lấy bằng cách giảm kích thước của chày, còn kích thước của cối được lấy bằng kích thước giới hạn nhỏ nhất của chi tiết. Ngược lại khi dập vuốt chi tiết cần có kích thước trong chính xác thì khe hở được lấy bằng cách tăng kích thước của cối, còn kích thước của chày lấy bằng kích thước giới hạn lớn nhất của chi tiết.

Một phương pháp đặc biệt để dập vuốt chi tiết hình hộp vuông cao là sự phối hợp dập vuốt từ phôi phẳng thành bán thành phẩm hình côn có đáy vuông và quá trình dập vuốt từ bán thành phẩm đó thành hình hộp vuông cao trong cối liên hợp có prôphin phức tạp (hình 4.45). Với phương pháp dập vuốt như vậy, có thể chia quá trình dập vuốt thành các

giai đoạn riêng liên tiếp nhau và như thế sự phân bố ứng suất tiếp tuyến σ_{θ} dọc theo chu vi của chi tiết sẽ đồng đều hơn so với khi dập vuốt trong cối thông thường.

Khi dập vuốt chi tiết hình hộp vuông cao trong cối liên hợp thì giai đoạn sau của quá trình dập vuốt cần phải bắt đầu ngay sau khi có sự giảm lực ở giai đoạn trước.



Hình 4.45. Sơ đồ khuôn có cối liên hợp để dập vuốt chi tiết hình hộp vuông cao.

4.8. ĐẶC ĐIỂM CỦA QUÁ TRÌNH DẬP VUỐT CÁC CHI TIẾT VỎ ÔTÔ

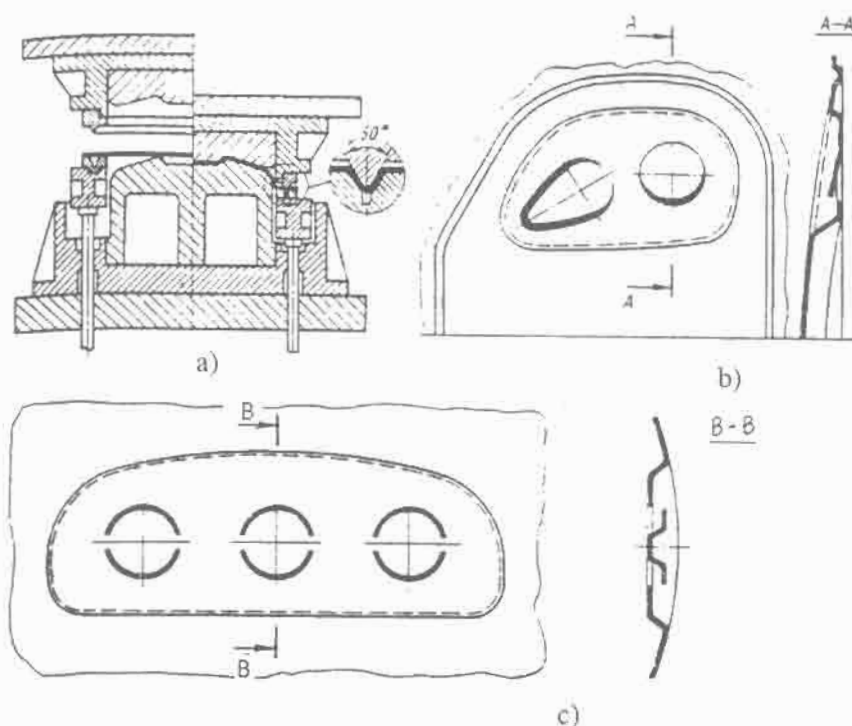
Các chi tiết vỏ ô tô bao gồm: nắp capo, khung kính chắn gió, cánh cửa xe, tấm nóc và nhiều chi tiết tương tự khác. Hình dạng độc đáo của những chi tiết này với những yêu cầu kỹ thuật riêng biệt nên khi xây dựng quá trình công nghệ dập người ta đã xếp các chi tiết này vào một nhóm riêng.

Khi chế tạo các chi tiết vỏ ô tô người ta thường phải sử dụng nhiều nguyên công khác như: cắt trích, cắt hình, đột lỗ, uốn tạo hình v.v... Tuy nhiên nguyên công chủ yếu quyết định khả năng chế tạo chúng là nguyên công dập vuốt. Chỉ tiêu cơ bản để đánh giá tính công nghệ của các chi tiết vỏ là chiều sâu tương đối (chiều sâu của hốc dập vuốt ở kích thước mặt cắt ngang yêu cầu).

Một trong những đặc điểm cơ bản khi dập vuốt các chi tiết vỏ ô tô là chúng được chế tạo chỉ sau một nguyên công dập vuốt mà không được dập vuốt nhiều nguyên công. Sở dĩ như vậy là do các chi tiết này có yêu cầu cao về chất lượng bề mặt, đặc biệt là các xe du lịch. Khi dập vuốt nhiều nguyên công sẽ xuất hiện các vết xước và vết hàn trên bề mặt của các tấm do các nguyên công trước để lại, làm giảm chất lượng bề mặt của chi tiết. Dập vuốt các chi tiết vỏ ô tô thường được thực hiện trên các máy ép thủy lực song động có dầu trượt ngoài đảm bảo đủ lực để chặn phôi hoặc có hệ thống xi lanh chặn dưới bàn máy. Máy ép thủy lực song động dùng để dập vuốt còn có thuận lợi là có thể kẹp cối ở đế dưới, do đó thuận lợi cho việc đặt phôi và định vị phôi trên khuôn, ngoài ra còn có thể điều chỉnh cục bộ

lực chặn phôi ở các vùng khác nhau của vành phôi. Khi dập vuốt các chi tiết vỏ, điều kiện kéo phôi vào trong cối không giống nhau ở các phần khác nhau của đường bao. Do đó, điều kiện kéo phôi vào trong cối có thể thay đổi do lực chặn phôi, được thực hiện bởi các gân vuốt và các thanh chặn phôi giống như khi dập vuốt chi tiết hình hộp. Những gân vuốt và thanh chặn có tác dụng tạo ra những trở lực phụ ngăn cản sự dịch chuyển của phôi dưới tấm chặn và có thể là phẳng những sóng nhân hình thành khi dập vuốt. Khi thiết kế khuôn để dập vuốt, vị trí đặt gân và số lượng gân được xác định sơ bộ và cuối cùng sẽ được điều chỉnh chính xác trong quá trình dập thử.

Lượng dư công nghệ (hay còn gọi là phần bù công nghệ) có ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt của chi tiết dập vuốt. Lượng dư công nghệ có tác dụng giữ phôi dưới tấm chặn trong quá trình dập vuốt. Chiều rộng và các kích thước khác của nó tùy thuộc vào hình dạng của chi tiết, chiều dày của phôi, kết cấu của các gân vuốt và thanh chặn v.v... Lượng dư công nghệ càng rộng thì sự tạo thành sóng nhân của chi tiết khi dập vuốt càng nhỏ, nhưng khi đó phế liệu kim loại sẽ tăng lên làm tăng giá thành sản phẩm.



Hình 4.46. Khuôn để dập vuốt có kéo chi tiết vỏ ô tô (a) và sự phân bố vết cắt trích công nghệ khi dập vuốt (b, c).

Để có thể giảm được lượng dư công nghệ khi chế tạo các chi tiết không sâu có độ cong lớn người ta thường sử dụng phương pháp dập vuốt có kéo. Đặc điểm của phương pháp này là phôi tấm được kẹp cứng trong khuôn chỉ ở hai phía đối diện nhau. Khi đó quá trình

tạo hình xảy ra là do sự kéo phôi vào trong cối và do sự kéo giãn dãn theo hai hướng khi ép phôi theo chày. Thực tế khi sử dụng phương pháp này đã tiết kiệm được 10 ÷ 15% kim loại do giảm được chiều rộng của lượng dư công nghệ và giảm được kích thước của phôi do sự kéo giãn làm giảm chiều dày phôi.

Ngoài sự tiết kiệm kim loại, dập vuốt có kéo còn cho phép sử dụng máy ép thủy lực tác dụng đơn và loại bỏ được các phần lỗi trên đoạn cong của chi tiết do giảm được biến dạng đàn hồi. Sơ đồ khuôn để dập vuốt có kéo được chỉ ra trên hình (4 - 46a).

Nhiều chi tiết vỏ ô tô như: tấm ngoài cánh cửa, phần sau của mái ô tô tải, tấm trong của cánh cửa sau v.v... là những chi tiết có các lỗ cửa hoặc hốc sâu được dập ra mà phần đáy của nó được tạo ra do sự biến mỏng cục bộ phôi. Khi đó tại ổ biến dạng sẽ xuất hiện ứng suất kéo có thể gây ra hiện tượng nứt hoặc rách. Để tạo điều kiện thuận lợi cho việc kéo phôi từ phần đáy vào phần thành của hốc người ta thường dự tính trước để cắt trích các lỗ công nghệ ở gần những chỗ có ứng suất kéo lớn nhất của chi tiết (ví dụ như ở phần góc của hốc cửa, hình 4.46b).

Việc cắt trích các lỗ công nghệ có thể là đường bao không khép kín, khi đó phần phế liệu sẽ không bị tách rời ra khỏi phôi. Hình dạng và kích thước của các lỗ công nghệ sẽ được điều chỉnh chính xác khi dập thử và hiệu chỉnh khuôn.

Hàng loạt các chi tiết vỏ chỉ có ba thành bên, một số chỉ có hai thành bên (bên phải và bên trái), chẳng hạn như các tấm ốp trang trí, các thanh nẹp của xe... Những chi tiết loại này thường được chế tạo bằng thép có cùng chiều dày và cùng một mác thép với kích thước mặt cắt ngang gần như bằng nhau, phương pháp hợp lý hơn cả là dập sau một nguyên công. Phương pháp dập này sẽ tiết kiệm được kim loại do giảm được lượng dư công nghệ và nâng cao được năng suất lao động.

Một trong những vấn đề cơ bản khi nghiên cứu quy trình công nghệ dập các chi tiết vỏ ô tô là chọn sự định hướng không gian của chi tiết ở trong khuôn, tức là chọn phương pháp dập sao cho hợp lý. Khi chọn phương pháp cần chú ý: khả năng chày dập vuốt có thể đi sâu vào trong lòng của chi tiết và khả năng tháo gỡ chi tiết ra khỏi chày, chiều sâu cần thiết của chi tiết được tạo ra sau một nguyên công dập vuốt, đảm bảo điều kiện thuận lợi cho việc chèn phôi, diện tích tiếp xúc giữa phôi và chày ở thời điểm bắt đầu dập vuốt là cực đại v.v...

Những nghiên cứu lý thuyết về quá trình công nghệ dập các chi tiết lớn hình dạng phức tạp cho đến nay vẫn chưa thật hoàn chỉnh, vì vậy những kinh nghiệm thực tế trong các nhà máy sản xuất ô tô có ý nghĩa lớn trong quá trình thiết kế.

4.9. DẬP VUỐT CHI TIẾT HÌNH TRỤ CÓ BIẾN MỎNG THÀNH

4.9.1. Trạng thái ứng suất biến dạng

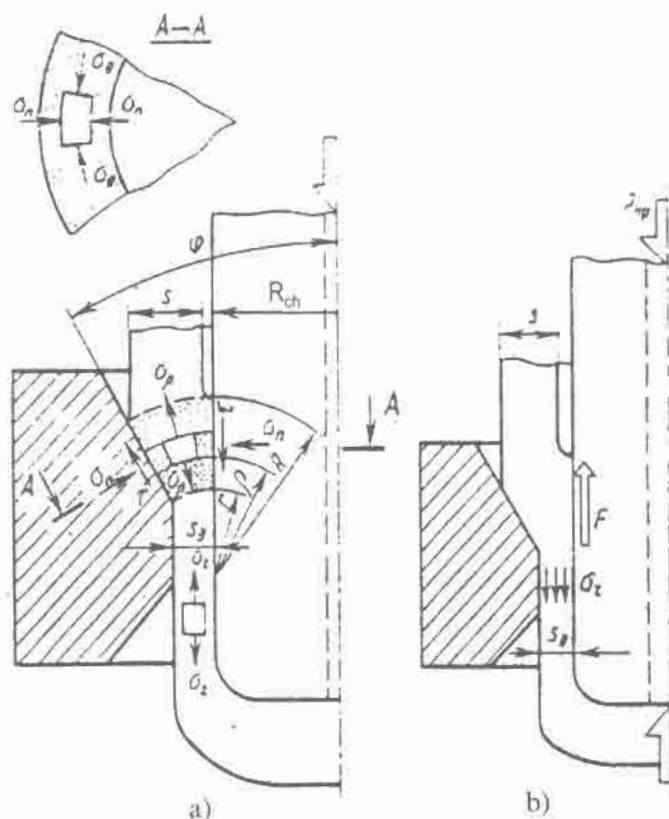
Dập vuốt có biến mỏng thành được sử dụng để chế tạo các chi tiết rỗng có thành mỏng với chiều sâu lớn hoặc các chi tiết có chiều dày đáy lớn hơn chiều dày thành. Dập vuốt có

biến mỏng được thực hiện bằng cách chuốt một phôi hình trụ (đã được dập vuốt bằng phương pháp khác nào đó) qua một cối với khe hở Z giữa chày và cối nhỏ hơn chiều dày thành của phôi:

$$Z = (D_{\text{cối}} - D_{\text{chày}})/2 < S$$

Phương pháp dập vuốt có biến mỏng có thể nhận được chi tiết có miền dung sai từ $h9 \div h12$. Dung sai về chiều dày thành từ $(15 \div 25)\%$ so với chiều dày danh nghĩa của thành, còn dung sai về chiều cao có thể nhỏ hơn 15% chiều cao của chi tiết.

Trong quá trình dập vuốt có biến mỏng có sự giảm chiều dày ban đầu của thành phôi với sự giảm một chút về đường kính. Sau một nguyên công có thể nhận được chi tiết có chiều cao lớn hơn nhiều so với khi dập vuốt không biến mỏng.



Hình 4.47. Sơ đồ dập vuốt có biến mỏng thành:

a- ổ biến dạng dẹt và trạng thái ứng suất của nó, b- sơ đồ tác dụng của ngoại lực.

Khi dập vuốt có biến mỏng, ổ biến dạng dẹt là tại vùng giảm chiều dày phôi, ổ biến dạng tương đối nhỏ so với các kích thước khác của chi tiết và bị hạn chế bởi phần biến dạng đàn hồi ở cả hai phía (hình 4.47a). Dập vuốt có biến mỏng xảy ra trong điều kiện của trạng thái biến dạng khối. Tuy nhiên nếu chú ý rằng: sự giảm tương đối của đường kính là nhỏ so

với sự biến dạng theo hướng trục (tăng chiều dài) và theo hướng kính (giảm chiều dày thành) thì với mức độ sai số không lớn có thể coi dập vuốt có biến mỏng xảy ra trong điều kiện trạng thái biến dạng phẳng đối xứng trục.

Khi biến dạng, phân tử được tách ra tại ổ biến dạng sẽ xuất hiện ứng suất kéo σ_p ; ứng suất nén σ_n ; ứng suất nén tiếp tuyến σ_θ và các ứng suất tiếp τ (hình 4.47a). Vì vậy khi dập vuốt có biến mỏng, trạng thái ứng suất là khối.

Trong quá trình dập vuốt phôi sẽ trượt tương đối đối với chày (theo hướng lên trên), do đó sẽ phát sinh lực ma sát tiếp xúc theo hướng chuyển động của chày. Đồng thời phôi cũng trượt tương đối đối với cối theo hướng chuyển động của chày, khi đó sẽ xuất hiện lực ma sát tiếp xúc tác dụng theo hướng ngược với hướng chuyển động của chày.

Lực ma sát trên bề mặt tiếp xúc giữa phôi và chày sẽ giảm tải cho tiết diện nguy hiểm, giảm ứng suất kéo σ_p . Lực ma sát trên bề mặt tiếp xúc của phôi với cối có khả năng làm tăng ứng suất kéo σ_p .

Đặc điểm của trạng thái ứng suất khi dập vuốt có biến mỏng là các ứng suất tiếp τ trên bề mặt tiếp xúc giữa phôi với cối và chày có hướng ngược nhau, còn ứng suất nén σ_n có trị số tuyệt đối lớn hơn nhiều so với các ứng suất τ , σ_p và σ_θ . Đặc điểm của trạng thái ứng suất tại ổ biến dạng dẻo mà chúng ta vừa khảo sát là nguyên nhân chủ yếu tạo nên mức độ biến dạng cho phép khi dập vuốt có biến mỏng lớn hơn so với khi dập vuốt không có biến mỏng thành.

Người ta có thể xác định được ứng suất sinh ra trong phần thành bị chווt của phôi ở một chu kỳ biến dạng ổn định bằng cách sử dụng một trong những phương pháp giải bài toán dẻo như: phương pháp công, phương pháp đường trượt, phương pháp định trị trên, phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) v.v...

Bằng phương pháp cân bằng công chúng ta có thể nhận được công thức để xác định ứng suất kéo lớn nhất theo hướng trục khi dập vuốt có biến mỏng thành:

$$\sigma_Z = \sigma_s \cdot \left\{ \left[1 + \frac{\mu_1 + (\mu_1 - \mu_2) \ln \frac{R}{\sqrt{R \cdot r}}}{\varphi} \right] \cdot \ln \frac{R}{r} + \frac{\varphi}{2} \right\} \quad (4-45)$$

trong đó:

φ - góc nghiêng đường sinh của cối;

μ_1 - hệ số ma sát tiếp xúc trên bề mặt cối;

μ_2 - hệ số ma sát tiếp xúc trên bề mặt chày;

R, r - các bán kính cong giới hạn của ổ biến dạng dẻo (hình 4.48).

Phân tích công thức (4-45) chúng ta có thể thấy rằng: khi tăng hệ số ma sát μ_2 trên bề mặt chày sẽ làm giảm ứng suất kéo σ_Z . Tuy nhiên hệ số ma sát μ_2 không thể tăng vô hạn,

bởi vì khi hệ số ma sát μ_2 tăng sẽ làm tăng nhiệt độ sinh ra trên bề mặt tiếp xúc. Điều đó sẽ gây ra hiện tượng dính kim loại và do đó sẽ xuất hiện các vết xước trên sản phẩm.

Tính toán theo công thức (4-45) sẽ cho sai số nhỏ nhất so với các số liệu thực nghiệm, khi mức độ biến dạng $\psi \geq 0,4$ trong toàn bộ góc nghiêng của cối φ . Khi mức độ biến dạng nhỏ ($\psi < 0,3$) và góc nghiêng của cối lớn ($\varphi \geq 18^\circ \div 20^\circ$) thì sự sai lệch của công thức (4-45) là khá lớn.

Nếu điều kiện ma sát trên bề mặt cối và chày là như nhau thì $\mu_1 = \mu_2 = \mu$. Khi đó tỷ số bán kính được thay bằng tỷ số chiều dày ($R/r = S_0/S_1$) và công thức (4-45) có dạng:

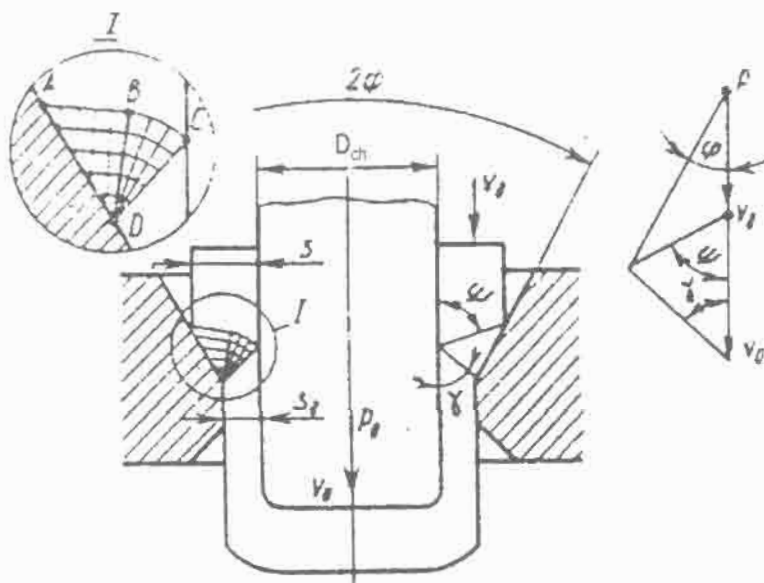
$$\sigma_Z = \sigma_S \cdot \left[1 + (\mu/\varphi) \ln \frac{S_0}{S_1} + \frac{\varphi}{2} \right] \quad (4-45a)$$

Nghiên cứu các công thức đã cho chúng ta có thể tìm được giá trị tối ưu của góc φ để cho ứng suất kéo σ_p có giá trị nhỏ nhất:

$$\varphi_{\text{tối ưu}} = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \sqrt{2\mu \cdot \ln(S_0/S_1)} \quad (^\circ) \quad (4-45b)$$

Khi tỷ số $S_0/S_1 = 2$ và $\mu = 0,05$ ta có $\varphi_{\text{tối ưu}} = 15^\circ$.

Khi hệ số ma sát tăng lên và mức độ biến dạng tăng thì trị số góc nghiêng tối ưu của cối cũng tăng lên.



Hình 4.48. Mạng đường trượt khi $\tau_k = 0$
và hoạt động ở vận tốc khi đập vuốt có biến mỏng.

4.9.2. Kích thước và hình dạng phôi

Khi dập vuốt có biến mỏng, chiều dày của phôi thường lấy bằng chiều dày đáy của bán thành phẩm ($S_0 = S_{\text{đáy}(n)}$). Đường kính của phôi D_0 được xác định từ điều kiện cân bằng thể tích giữa phôi và chi tiết có tính đến phần thể tích kim loại để cắt mép:

$$\begin{aligned} 0,785 \cdot D_0^2 \cdot S_0 &= \xi \cdot V_{\text{chitiết}} \\ \Rightarrow D_0 &= 1,13 \cdot \sqrt{\xi \cdot V_{\text{chitiết}} / S_0} \end{aligned} \quad (4-46)$$

trong đó:

ξ - hệ số tính đến lượng dư để cắt mép;

$V_{\text{chitiết}}$: thể tích chi tiết.

Giá trị của hệ số ξ phụ thuộc vào chiều cao tương đối của chi tiết: h/d_n và thay đổi từ $1,08 \div 1,15$. Khi trị số h/d càng lớn thì trị số ξ càng lớn.

Trong trường hợp khi thể tích của chi tiết chưa xác định được thì đường kính của phôi có thể xác định một cách gần đúng theo các kích thước của chi tiết:

$$D_0 = \sqrt{d_n^2 + \frac{4 \cdot (d_n - S_n)}{S_0} (h + \Delta h - S_0) \cdot S_n} \quad (4-47)$$

Trong công thức trên không tính đến phần bán kính góc lượn ở đáy của sản phẩm, vì vậy lượng dư để cắt mép Δh nên lấy giá trị nhỏ nhất.

4.9.3. Lực biến dạng

Khi dập vuốt có biến mỏng thành lực biến dạng gồm 2 thành phần: lực gây ra các ứng suất σ_Z làm biến dạng phần thành của chi tiết và đặt vào đáy của chi tiết, tổng hợp lực các lực ma sát tiếp xúc trên bề mặt của chày, hướng theo chiều ngược với chiều chuyển động của chày (hình 4.47.b). Như vậy lực tổng cộng để dập vuốt sẽ là:

$$P_n = \pi \cdot d \cdot S_n \cdot \sigma_Z + \pi \cdot d \cdot \mu \cdot \sigma_S \cdot \int_r^R \left[1 - \ln \frac{R}{\rho} \right] d\rho$$

Nếu coi rằng: $r = \frac{S_n}{\sin \varphi}$, sau khi tích phân chúng ta nhận được:

$$P_n = \pi \cdot d \cdot S_n \cdot \sigma_S \cdot \left[1 + \frac{\mu}{\varphi} \ln \frac{R}{r} + \frac{\varphi}{2} + \frac{\mu}{\sin \varphi} \ln \frac{R}{r} \right]$$

Nếu coi $\mu/\sin \varphi \approx \mu/\varphi$ và thay tỷ số bán kính R/r bằng tỷ số chiều dày thành S_{n-1}/S_n với điều kiện hệ số ma sát ở mặt trong và mặt ngoài của phôi tại ổ biến dạng là giống nhau, chúng ta sẽ có:

$$P_n = \pi \cdot d \cdot S_n \cdot \sigma_S \cdot \left[\left(1 + \frac{2\mu}{\varphi} \right) \cdot \ln \frac{S_{n-1}}{S_n} + \frac{\varphi}{2} \right] \quad (4-48)$$

Nếu sử dụng đường cong hoá bền tích cực (theo Губкин) thì với mức độ biến dạng trung bình tại ổ biến dạng: $\psi_{t.binh} = 0,5 \cdot \frac{S_{n-1} - S_n}{S_{n-1}}$; ứng suất chảy σ_s trong công thức (4-48)

sẽ là:

$$\sigma_s = \sigma_b / (1 - \psi_{kéo}) \left[(S_{n-1} - S_n) / 2 \cdot S_{n-1} \cdot \psi_{kéo} \right]^{\psi_{kéo} / (1 - \psi_{kéo})}$$

P. Khilo và sau đó là L. A. Sophman đã chứng minh rằng: nếu sử dụng mạng đường trượt (ABCD) được xây dựng cho trường hợp dập vuốt có biến mỏng thành (hình 4.48) thì có thể xác định được lực biến dạng bằng tích số của áp lực riêng với diện tích tiết diện ngang của phần bị biến dạng (phần bị chuốt) của chi tiết:

$$P_n = \frac{4\sigma_s}{\sqrt{3}} (1 + \mu \cdot \text{ctg} \varphi) \frac{(1 + \varphi) \sin \varphi}{1 + 2 \sin \varphi} \cdot \pi \cdot [S_n (2 \cdot R_{chày} + S_n)]$$

4.9.4. Tính toán công nghệ

Góc nghiêng tối ưu của cối: $\varphi_{tối\ ưu}$ là góc nghiêng của cối để lực biến dạng là nhỏ nhất. Góc nghiêng này có thể xác định bằng phương pháp định trị trên, sử dụng đối với trường hợp động học không liên tục cho phép và hoạt động vận tốc. Kết quả đã cho góc tối ưu: $\varphi_{tối\ ưu} = 15 + 25^0$.

Những nghiên cứu thực nghiệm khi dập vuốt có biến mỏng đã chứng minh rằng: góc nghiêng của cối có ảnh hưởng lớn nhất đến lực biến dạng chỉ trong trường hợp mức độ biến dạng nhỏ ($\leq 30\%$). Ví dụ khi mức độ biến dạng 20%, việc tăng góc nghiêng của cối từ 6 đến 30⁰ sẽ gây ra sự tăng lực dập vuốt lên 2 lần đối với chi tiết bằng thép và tăng 2,4 lần khi dập vuốt chi tiết bằng đồng thau. Với mức độ biến dạng lớn hơn, lực dập vuốt thực tế hầu như không phụ thuộc vào góc nghiêng của cối. Cũng cần phải xác định rằng khi tăng chiều dày tương đối của phần thành chi tiết thì lực dập vuốt giảm đi.

Mức độ biến dạng khi dập vuốt có biến mỏng được đặc trưng bằng sự giảm tương đối của diện tích tiết diện ngang của chi tiết dập vuốt:

$$\psi = \frac{F_{n-1} - F_n}{F_{n-1}} = \frac{d_{n-1}^2 - d_n^2}{d_{n-1}^2 - d_{trong}^2} \quad (4-49)$$

trong đó:

F_{n-1} và F_n - diện tích tiết diện ngang trước và sau khi dập vuốt (của phôi và chi tiết);

d_{n-1} và d_n - đường kính ngoài danh nghĩa của phôi và chi tiết;

d_{trong} - đường kính trong danh nghĩa của chi tiết dập vuốt.

Nếu biết giá trị của ψ , d_{n-1} và d_{trong} chúng ta có thể xác định được đường kính của chi tiết:

$$d_n = \sqrt{d_{n-1}^2 - \psi (d_{n-1}^2 - d_{trong}^2)} \quad (4-49a)$$

Sự thay đổi đường kính của chi tiết khi đập vượt có biến mỏng là rất nhỏ so với sự thay đổi về chiều dày thành, vì vậy có thể coi $d_{n-1} \approx d_n$. Khi đó mức độ biến dạng có thể được tính như sau:

$$\psi = \frac{S_{n-1} - S_n}{S_{n-1}} = 1 - \frac{S_n}{S_{n-1}}$$

Tỷ số S_{n-1}/S_n được gọi là hệ số biến mỏng và ký hiệu là K_{bm} .

Như vậy sẽ có mức độ biến dạng giới hạn ψ_{gh} và hệ số biến mỏng giới hạn $K_{bm\ ghan}$. Với mức độ biến dạng giới hạn và $K_{bm\ ghan}$ thì ứng suất sinh ra ở tiết diện nguy hiểm gần tới trị số phá hủy. Mức độ biến dạng tới hạn ψ_{gh} có thể xác định bằng lý thuyết từ điều kiện $\sigma_Z \leq \sigma_b$:

$$\psi_{gh} = 1 - 1/\exp\left[\sqrt{3}(1+n)/2C_a\right] \quad (4-50)$$

trong đó:

$$C_a = 1 + (1 - \psi_{gh})(1 + \mu \cdot \text{ctg}\varphi)\mu.$$

Công thức (4-50) là một phương trình có một ẩn số ψ_{gh} và được giải bằng phương pháp tích phân.

So sánh kết quả tính toán theo công thức (4-50) với các số liệu thực nghiệm khi đập vượt các chi tiết bằng đồng thau và bằng thép người ta thấy giá trị tính toán của ψ_{gh} lớn hơn 10 ÷ 15% so với thực tế. Sự sai lệch này là do sự phá hủy phần thành chi tiết xảy ra do sự tạo thành các vết nứt mà những vết nứt này trùng với giới hạn của vùng dẻo là những đường đứt quãng của tốc độ chảy. Những biến dạng trượt cục bộ tăng lên đáng kể cùng với sự tăng góc nghiêng của cốt khi có ứng suất kéo làm cho kim loại rất nhạy cảm với những cấu trúc bị khuyết tật dẫn đến bị phá hủy trong điều kiện đã cho.

Để xác định mức độ biến dạng giới hạn cho phép khi đập vượt có biến mỏng có thể sử dụng công thức (4-50) với việc đưa vào hệ số bằng (0,85 ÷ 0,9). Khi đó mức độ biến dạng giới hạn cho phép một cách gần đúng bằng:

$$[\psi_{gh}] = [0,85 + 0,9] \cdot \psi_{gh}$$

Mức độ biến dạng cho phép khi đập vượt có biến mỏng phụ thuộc vào vật liệu phối, số lượng cốt đặt liên tiếp nhau và góc nghiêng φ của cốt. Khi góc nghiêng $\varphi \leq 18^\circ$ thì mức độ biến dạng cho phép sẽ là:

- Đối với thép mềm:	$[\psi_{gh}] = 0,45 + 0,55$ (khi qua 1 cốt)
($C \leq 0,12\%$)	$[\psi_{gh}] = 0,6 + 0,7$ (khi qua 2 cốt)
	$[\psi_{gh}] = 0,75 + 0,8$ (khi qua 3 cốt)

- Đối với đồng thau, tương ứng $[\psi_{gh}] = 0,55 \div 0,6$
- (Zn = 25 ÷ 32%) $[\psi_{gh}] = 0,6 \div 0,7$
- $[\psi_{gh}] = 0,75 \div 0,85$
- khí qua 1,2 và 3 cối.

Ở nguyên công dập vuốt đầu tiên (từ phôi phẳng) trong đa số các trường hợp người ta thường dập vuốt không biến mỏng thành chi tiết hình trụ. Đường kính trung bình của hình trụ này được xác định như khi dập vuốt không biến mỏng:

$$d_{tb(1)} = \frac{D_0}{K_1}$$

trong đó:

D_0 - đường kính phôi phẳng;

K_1 - mức độ dập vuốt ở nguyên công đầu.

Khi dập vuốt nguyên công đầu để tạo phôi cần phải làm sao cho đường kính trong của hình trụ phôi bằng với đường kính trong của chi tiết. Khi đó sẽ thuận lợi cho quá trình dập vuốt ở nguyên công sau và sai số là nhỏ nhất. Khe hở giữa chày và phôi thường lấy bằng 0,005 đường kính của chày.

Ở các nguyên công sau tiến hành dập vuốt có biến mỏng với sự giảm không đáng kể đường kính ngoài của phôi. Tùy theo vật liệu phôi và trạng thái của nó (có ủ hoặc không có ủ) có thể chọn mức độ biến dạng cho phép theo các số liệu thông thường hoặc hệ số biến mỏng K_{bm} ở các nguyên công. Sau đó xác định đường kính và chiều dày thành của bán thành phẩm ở các nguyên công dập vuốt. Số nguyên công tổng cộng để dập vuốt có biến mỏng được xác định theo công thức:

$$N = (\ln F_n - \ln F_0) / \ln(1 - \psi_{tb}) \quad (4-51)$$

trong đó:

F_0 và F_n - diện tích mặt cắt ngang của phôi và chi tiết;

ψ_{tb} - mức độ biến dạng cho phép trung bình.

Chiều cao trung bình của bán thành phẩm được xác định từ điều kiện cân bằng thể tích của phôi phẳng có đường kính D_0 và chiều dày S_0 với thể tích của bán thành phẩm:

$$h_n = \left[\frac{D_0^2 - d_n^2}{4(d_n - S_n)S_n} + 1 \right] S_0 \quad (4-52)$$

trong đó: d_n và S_n lần lượt là đường kính ngoài và chiều dày thành của bán thành phẩm.

Trong công thức (4-52) chưa tính đến phần kim loại chuyển tiếp giữa đáy và thành, vì vậy chiều cao tính toán theo công thức trên sẽ tăng lên một chút so với thực tế.

Trong quá trình dập vuốt có biến mỏng sẽ xảy ra sự hoá bền mạnh của vật liệu phôi (hiện tượng biến cứng) làm tăng độ cứng của nó. Để phục hồi tính dẻo của phôi sau mỗi

nguyên công dập vuốt cần phải tiến hành ủ kết tinh lại (trong môi trường trung tính) sau đó tẩy sạch bằng ăn mòn trong axit, rửa sạch và sấy khô.

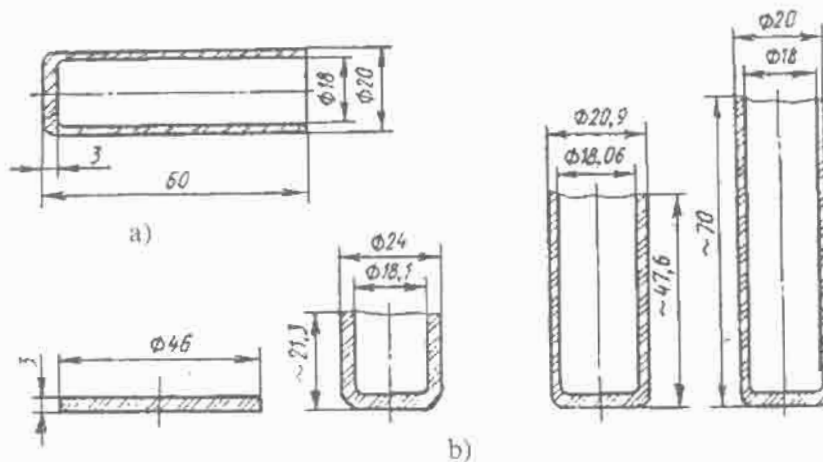
4.9.5. Ví dụ

Chúng ta cần phải xác định đường kính của phôi và các thông số công nghệ để dập vuốt chi tiết hình trụ có biến mỏng như trên hình (4-49a) vật liệu chi tiết là đồng thau Л68 có giới hạn bền $\sigma_b = 300$ MPa và độ co thắt tỷ đối trung bình khi kéo: $\psi_{kéo} = 0,3$. Lượng dư để cắt mép là 10 mm.

1) Xác định đường kính phôi

Chiều dày của phôi cần lấy bằng chiều dày dây của chi tiết, nghĩa là $S_0 = 3$ mm; còn đường kính của phôi phẳng được xác định theo công thức (4-47):

$$D_0 = \sqrt{20^2 + \frac{4(20-1)}{3} \times (60 + 10 - 3) \times 1} = 45,8 \approx 46 \text{ mm}$$



Hình 4.49. Bản vẽ chi tiết và trình tự dập vuốt có biến mỏng.

2) Nguyên công dập vuốt lần đầu

Ở nguyên công dập vuốt đầu tiên sẽ được thiết kế dập vuốt không biến mỏng và không có chặn phôi, bởi vì nó thỏa mãn điều kiện ổn định: $D_0 - d \leq (18 \div 22) \cdot S_0$. Với chiều dày tương đối của phần thành: $(100 \cdot S_0 / D_0) = 3$ thì giá trị giới hạn của mức độ dập vuốt là: $[K_1] = 2,0$ (theo số liệu trong sổ tay). Như vậy có thể giả thiết rằng với $(100 \cdot S_0 / D_0) = (100 \cdot 3) / 46 \approx 6,5$ thì giá trị giới hạn của mức độ dập vuốt $[K_1]$ có thể cao hơn. Khi dập vuốt ở nguyên công đầu, chiều dày thành $S_0 = 3$ mm và đường kính trung bình $d_{t\text{bình}} = 18 + 3 = 21$ mm. Khi đó mức độ dập vuốt sẽ là:

$$K_1 = 46 / 21 = 2,19$$

Đường kính ngoài của hình trụ ở nguyên công đầu sẽ là:

$$d_1 = 21 + 3 = 24 \text{ mm.}$$

Để tạo ra khe hở giữa chày và phôi đảm bảo cho chày chui vào trong phôi được dễ dàng thì đường kính trong của hình trụ ở nguyên công đầu sẽ là:

$$d_{\text{trong}} = 1,005 \cdot 18 = 18,09 \approx 18,1 \text{ mm}$$

Như vậy chiều cao của nó sẽ là:

$$h_1 = 3 \times \left[\frac{46^2 - 24^2}{4 \times (24 - 3) \cdot 3} + 1 \right] \approx 21,3 \text{ mm}$$

3) Lực công nghệ ở nguyên công đầu:

$$P_1 = \frac{3,14 \times 21 \times 3 \times (2,19 - 1) \times 300}{1000} = 70,62 \text{ kN}$$

Sau nguyên công này cần phải ủ kết tinh lại sau đó tẩy sạch bằng axit, rửa sạch và sấy khô.

4) Mức độ biến dạng ở nguyên công đầu

Mức độ biến dạng ở nguyên công đầu dập vuốt có biến mỏng lấy bằng $[\psi_1] = 0,55$. Như vậy theo công thức (4-49a) đường kính ngoài của bán thành phẩm ở nguyên công này sẽ là:

$$d_2 = \sqrt{24^2 - 0,55 \times (24^2 - 18^2)} = 20,9 \text{ mm}$$

Khi đó chiều dày của thành sẽ là:

$$S_2 = (20,9 - 18)/2 = 1,45 \text{ mm}$$

Mức độ biến dạng ở nguyên công dập vuốt thứ 2 có biến mỏng (với đường kính ngoài chi tiết bằng 20 mm) sẽ là:

$$\psi_2 = (20,9^2 - 20^2)/(20,9^2 - 18^2) = 0,326$$

Mức độ biến dạng tổng cộng sẽ là:

$$\psi_{\text{tổng}} = (24^2 - 20^2) / (24^2 - 18^2) = 0,698 \approx 0,7$$

Mức độ biến dạng tổng không vượt quá giới hạn cho phép khi dập vuốt qua hai cối riêng biệt, cũng như qua một cối ghép.

Để kiểm tra kết quả tính toán trên chúng ta có thể tính số nguyên công dập vuốt tổng cộng theo công thức (4-51) với mức độ biến dạng trung bình $\psi_{\text{tb}} = 0,55$:

$$N = \frac{\ln[0,785 \times (20^2 - 18^2)] - \ln[0,785 \times (24^2 - 18^2)]}{\ln(1 - 0,55)} = 1,5$$

Như vậy chúng ta có thể kết luận rằng: chi tiết trên sẽ phải dập vuốt có biến mỏng sau hai nguyên công. Trình tự các nguyên công dập vuốt và các thông số công nghệ được thể hiện trên hình (4-49b) và bảng tổng hợp (bảng 4.1).

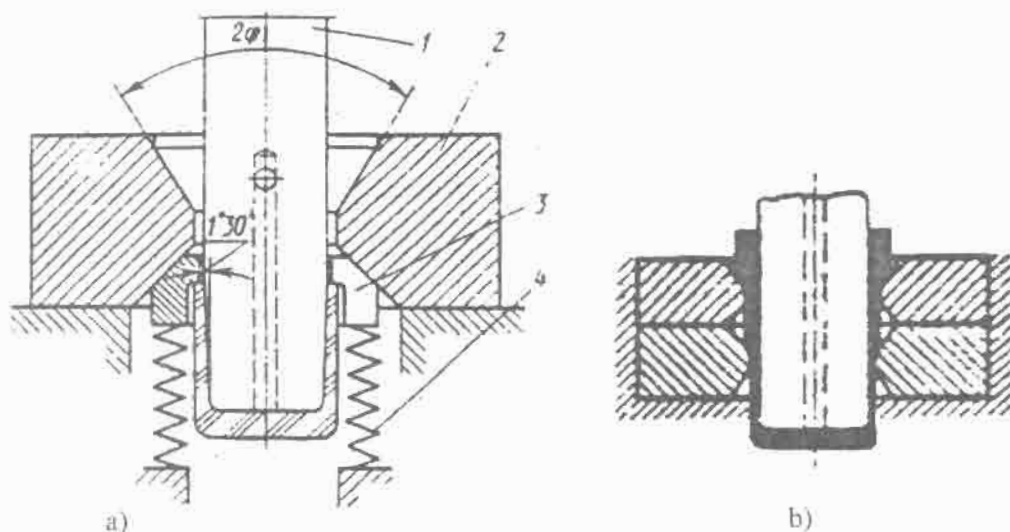
Bảng 4.1. Kết quả tính toán công nghệ dập vuốt có biến mỏng chi tiết hình trụ

Thứ tự	Các thông số xác định	Dập vuốt không có biến mỏng	Dập vuốt có biến mỏng	
			Nguyên công 1	Nguyên công 2
1	Đường kính ngoài (mm)	24	20,9	20,0
2	Đường kính trong (mm)	18,1	18,06	18,0
3	Chiều dày thành (mm)	3	1,45	1,0
4	Mức độ biến dạng	0,54	0,55	0,32
5	Hệ số biến mỏng	1,0	2,07	1,45
6	Chiều cao trung bình của bán thành phẩm	21,3	47,6	70,0
7	Góc nghiêng tối ưu của cối ($\mu = 0,1$)	20°	22°	16°
8	Lực dập vuốt (kN)	70,6	60	27

4.9.6. Đặc điểm kết cấu của khuôn và dụng cụ

Sơ đồ khuôn để dập vuốt có biến mỏng được chỉ ra trên hình 4.50a. Trong khuôn khe hở giữa chày 1 và cối 2 nhỏ hơn so với chiều dày thành của phôi trụ, vì thế khi dập vuốt sẽ xảy ra sự biến mỏng và bán thành phẩm (chi tiết) sẽ bám chặt vào chày. Để gỡ chi tiết ra khỏi chày người ta dùng cơ cấu gỡ 3. Cơ cấu này bao gồm 3 mảnh riêng biệt, giống nhau của 1 vòng vành khăn. Khi chày cùng với bán thành phẩm đi xuống, ép vào vòng 3 và nén vào lò xo 4; vòng 3 trượt theo mặt côn của cối và dịch chuyển xuống phía dưới, đồng thời nó bị tách ra làm tăng đường kính trong của lỗ và cho phép chày cùng với bán thành phẩm chui qua. Sau đó khi kết thúc quá trình dập vuốt, chày tiếp tục đi xuống, dưới tác dụng của lò xo 4 vòng gỡ 3 lại dịch chuyển lên trên dọc theo mặt bên của cối và ôm khít vào chày, đồng thời nó được khoá chặt vào mặt côn của cối và lực nén của lò xo. Ở hành trình ngược, chày chuyển động lên trên; mặt đầu phía trên của chi tiết đã được vuốt tỳ vào vòng gỡ 3 và gỡ chi tiết ra khỏi chày. Để quá trình gỡ chi tiết được nhẹ nhàng và thuận lợi, phần làm việc của chày cần phải làm có độ côn với góc côn từ $1 \div 1^{\circ}30'$ và bề mặt của chày cần phải được làm bóng và mạ crôm. Ngoài ra để tránh hiện tượng có khoảng chân không được tạo ra khi gỡ chi tiết ra khỏi chày, thì tại tâm của chày người ta thường phải làm lỗ thoát khí thông với khí quyển (hình 4.50a).

Chày dập vuốt thường được chế tạo bằng thép hợp kim dụng cụ Y10A hoặc tương đương với nó. Sau đó được tôi và ram để đạt độ cứng $58 \div 62$ HRC. Phần làm việc hình côn của cối và phần hình trụ để tinh chỉnh $3 \div 5$ mm cũng phải được làm bóng và mạ crôm để nâng cao tính chống mài mòn. Cối thường được chế tạo bằng hợp kim cứng BK20.C hoặc thép hợp kim dụng cụ Y10A. Độ cứng sau khi tôi và ram cần đạt $62 \div 64$ HRC. Góc côn của cối tùy thuộc vào điều kiện biến dạng và chính là góc nghiêng tối ưu của cối ($\varphi = 8 \div 25^{\circ}$) tùy từng trường hợp cụ thể. Phương pháp tính toán các kích thước làm việc của dụng cụ (chày và cối) được chỉ ra trong số tay.



Hình 4.50. Sơ đồ khuôn để dập vuốt có biến mỏng (a) và cối có sự bố trí theo tầng (b).

Để nâng cao năng suất lao động, người ta thường phối hợp hai hoặc nhiều nguyên công dập vuốt có biến mỏng trên cùng một khuôn. Trong khuôn phối hợp người ta đặt một vài cối vuốt (cái nọ sau cái kia) liên tiếp nhau với sự giảm dần đường kính của lỗ làm việc (hình 4.50b). Trong khuôn này chiều dày thành của các bán thành phẩm được giảm dần khi nó lần lượt đi qua các cối được bố trí theo tầng liên tiếp nhau. Khi đó sự không đều chiều dày thành và sự cong dọc trục của chi tiết là nhỏ nhất so với khi dập vuốt trong từng cối riêng biệt.

Có thể tăng được mức độ biến dạng tổng cộng khi dập vuốt có biến mỏng trong khuôn phối hợp hai hay nhiều cối khi quá trình dập vuốt ở cối phía dưới được bắt đầu ngay sau khi kết thúc quá trình vuốt ở cối phía trên, nghĩa là khi mà ở giữa các cối có một khoảng cách đủ lớn.

Nếu như dập vuốt có biến mỏng thành đồng thời với sự giảm cả đường kính của bán thành phẩm thì quá trình đó được gọi là dập vuốt liên hợp. Nghiên cứu quá trình dập vuốt liên hợp người ta đã chỉ ra rằng: việc giảm đồng thời cả chiều dày thành và đường kính của bán thành phẩm (trong một giới hạn nhất định) không những không giảm được mức độ biến dạng giới hạn cho phép mà còn bị tăng lên một chút.

Nếu áp dụng phương pháp dập vuốt liên hợp, sau một nguyên công người ta có thể nhận được chi tiết có chiều cao bằng 1,5 lần đường kính của nó, trong khi đó nếu dập vuốt bằng phương pháp không biến mỏng cũng chỉ tiết như vậy, phải mất từ hai đến ba nguyên công. Sở dĩ như vậy là do khi dập vuốt liên hợp cũng như dập vuốt có biến mỏng, lực ma sát có ích (tích cực) có tác dụng làm giảm nhẹ tải trọng tại tiết diện nguy hiểm của chi tiết (bán thành phẩm).

Dập vuốt liên hợp cho phép không những giảm được số nguyên công mà còn tăng được chất lượng bề mặt của chi tiết và nâng cao độ chính xác kích thước đường kính của nó. Phương pháp dập vuốt liên hợp sử dụng để chế tạo các chi tiết có chiều dày thành nhỏ hơn so với chiều dày đáy của nó.

Mức độ biến dạng khi dập vuốt liên hợp được xác định bằng công thức:

$$\psi_{\text{liên hợp}} = \frac{F_{n-1} - F_n}{F_{n-1}} = 1 - \frac{F_n}{F_{n-1}} = 1 - \frac{d_n \cdot S_n}{d_{n-1} \cdot S_{n-1}}$$

Chúng ta có thể thấy mức độ dập vuốt là:

$$K_v = \frac{d_{n-1}}{d_n}$$

và hệ số biến mỏng:

$$K_{b.m} = \frac{S_{n-1}}{S_n}.$$

Do đó:

$$\psi_{\text{liên hợp}} = 1 - 1/K_v \cdot K_{b.m} = 1 - 1/K_{l.hợp}$$

trong đó: $K_{l.hợp} = K_v \cdot K_{b.m}$ được gọi là hệ số biến dạng khi dập vuốt liên hợp.

Nếu biết được trị số của K_v và $K_{b.m}$ thì chúng ta có thể xác định được chiều dày thành và đường kính của bán thành phẩm của nguyên công dập vuốt liên hợp:

$$d_{1(\text{trung bình})} = \frac{D_0}{K_{v(1)}}; S_1 = \frac{S_0}{K_{b.m(1)}}$$

$$d_{2(\text{trung bình})} = \frac{d_{1(t.b)}}{K_{v(2)}}; S_2 = \frac{S_1}{K_{b.m(2)}}$$

$$d_{n(\text{trung bình})} = \frac{d_{n-1(t.b)}}{K_{v(n)}}; S_n = \frac{S_{n-1}}{K_{b.m(n)}}$$

Trong trường hợp nếu như chi tiết đã được dập vuốt liên hợp có đường kính $d_{t.b}$ trùng với đường kính yêu cầu của chi tiết cho trong bản vẽ nhưng chiều dày thành lại lớn hơn chiều dày của chi tiết yêu cầu ($d_{t.b} = d_{ch.t}$; $S_n > S_{ch.t}$), thì khi đó quá trình dập vuốt sẽ được tiếp tục chỉ để giảm chiều dày thành cho đến khi $S_n = S_{ch.t}$. Ngược lại nếu $S_n = S_{ch.t}$ nhưng $d_{n(t.b)} > d_{ch.t}$ thì sẽ tiếp tục dập vuốt không có biến mỏng thành cho đến khi đạt được $d_{t.b} = d_{ch.t}$.

Chiều cao của bán thành phẩm ở các nguyên công dập vuốt liên hợp được xác định từ điều kiện cân bằng thể tích phôi và bán thành phẩm tương ứng.

4.10. DẬP VUỐT CHI TIẾT BẰNG CHẤT DÈO

Những chi tiết rỗng có thành mỏng được sử dụng nhiều trong công nghiệp và trong đời sống sinh hoạt tiêu dùng như: các chi tiết vỏ của ô tô; các chi tiết của tủ lạnh, các chậu rửa, vỏ của các loại đồng hồ khác nhau, các loại bồn tắm cho trẻ, các đồ chơi của trẻ em v.v... thường được chế tạo bằng các loại phối tấm nhựa nhiệt dẻo, mà trước khi tạo hình cần phải nung nóng đến một nhiệt độ tối ưu thích hợp. Chỉ có các tấm sợi trước khi dập người ta mới thấm ướt. Do khi bị nung nóng tính dẻo của phối được nâng cao và điều đó cho phép tạo hình chúng với một mức độ biến dạng rất lớn mà không bị phá hủy.

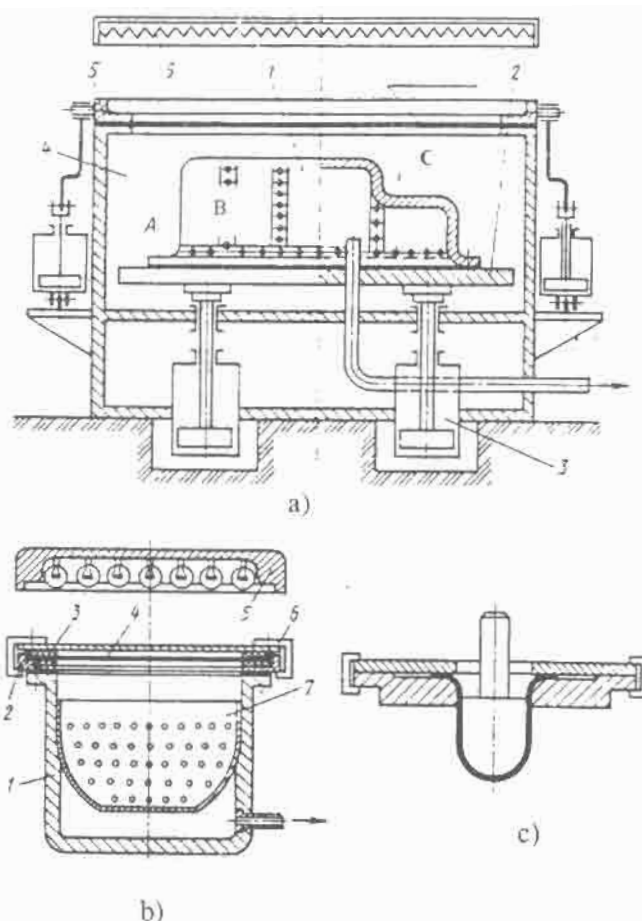
Những tấm nhựa nhiệt dẻo được sử dụng nhiều nhất là: polistrirol; polietilen, thủy tinh hữu cơ, v.v... Nhiệt độ nung phối của nhóm này tùy thuộc vào dạng chất dẻo và mức của nó. Nhiệt độ nung thường thay đổi từ $110 \div 160^{\circ}\text{C}$. Những chi tiết sâu và hình dạng phức tạp thường được chế tạo bằng những vật liệu đã nêu trên.

Những chất dẻo ít dẻo hơn như tectolit, thủy tinh - tectolit và những chất tương tự thì nhiệt độ nung cần phải lớn hơn. Đối với tectolit thì nhiệt độ nung khoảng 170°C còn đối với thủy tinh-tectolit nhiệt độ nung đến 230°C . Những vật liệu này được dùng để chế tạo các chi tiết không sâu trong công nghiệp. Hétinac, ébonit và một số vật liệu trên cơ sở mica là những chất dẻo không được tạo hình trong khuôn.

Để có thể chế tạo các chi tiết chất dẻo bằng phương pháp dập vuốt – tạo hình người ta thường sử dụng thiết bị chuyên dùng có dẫn động tự động. trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, thiết bị tạo hình chân không chuyên dùng được sử dụng nhiều nhất. Thiết bị này có một bơm hút chân không, một máy nén khí, một hệ thống nhiệt và các cơ cấu cho phép làm việc ở chế độ tự động.

Sơ đồ kết cấu của một trong số những thiết bị này nhằm phục vụ cho việc chế tạo các buồng của tủ lạnh dân dụng được nêu trên hình 4.51a. Nó bao gồm chày bằng nhôm 1, có rất nhiều lỗ với đường kính lỗ không lớn được phân bố dọc theo những đường uốn của chi tiết; một tấm đế 2; một hệ thống dẫn động cho chày bằng khí nén 3; một bộ phận để kẹp chặt và được bịt kín 4 và một tấm kẹp 5. Phối bằng chất dẻo polistrirol được đặt trên bề mặt của bộ phận kẹp chặt 4 và được kẹp chặt bởi tấm kẹp 5. Sau đó nó được nung nóng đến nhiệt độ $110 \div 120^{\circ}\text{C}$ bởi thiết bị nung 6. Khi chày dịch chuyển lên phía trên, phối sẽ bị uốn theo chày nhưng ở các góc không được ốp sát vào chày, quá trình tạo hình xảy ra do sự giảm chiều dày của thành (từ 5 đến 1,5 mm).

Nhờ có việc tạo ra độ chân không ở các góc của chày: A, B, C ... (hình 4.51a) phối sẽ được ép sát vào tất cả các phần góc, các hốc lõm, các khe rãnh v.v... và tại tất cả các vị trí của nó đều được tạo ra một độ chân không. Sau khi kết thúc quá trình tạo hình bằng chân không, sản phẩm được làm nguội bằng những luồng không khí nén đến nhiệt độ 30°C và được tháo ra khỏi chày.



Hình 4.51. Sơ đồ thiết bị tạo hình chân không (a, b) và sơ đồ khuôn (c) để chế tạo các chi tiết bằng các tấm chất dẻo.

Trong sản xuất loạt nhỏ, để chế tạo các chi tiết lớn và trung bình có hình dạng tròn xoay, bằng thủy tinh hữu cơ và những chất dẻo khác, người ta thường sử dụng những thiết bị tạo hình chân không có kết cấu đơn giản hơn (hình 4.51b). Thiết bị này bao gồm vỏ 1; cối dập vuốt 2; vòng chặn và bịt kín 3 và 4; bộ kẹp chặt 6; cối tạo hình 7 và bộ tạo nhiệt 5. Nhờ có máy bơm hút chân không, trong vỏ 1 tạo ra độ chân không, do đó dưới tác dụng của áp suất khí quyển, phôi đã được nung nóng bị vuốt ép qua cối 2 và tạo hình theo hình dạng của cối 7. Sau đó được làm nguội và tháo ra khỏi khuôn.

Ngoài những thiết bị tạo hình chân không mà chúng ta vừa khảo sát để chế tạo các chi tiết bằng những tấm chất dẻo có chiều dày đến $15 + 20$ mm người ta còn sử dụng những thiết bị khí nén để dập vuốt và tạo hình trên cối cứng bằng áp lực của không khí nén hoặc những khuôn để dập vuốt được đặt trên máy ép thủy lực (hình 4.51c). Vật liệu để chế tạo chúng là silumin (Al-Si) hoặc thép cacbon thấp.

4.11. NHỮNG PHƯƠNG PHÁP BÔI TRƠN VÀ LÀM NGUỘI KHI DẬP VUỐT

Khi dập vuốt với mức độ biến dạng lớn, việc chọn đúng phương pháp công nghệ bôi trơn, làm nguội, thành phần chất bôi trơn và độ nhớt của chúng có một ý nghĩa rất quan trọng. Việc sử dụng một cách có hiệu quả phương pháp công nghệ bôi trơn sẽ làm cho quá trình sản xuất được ổn định với chất lượng cao của bề mặt chi tiết dập vuốt và đảm bảo tuổi thọ bền lâu của chày và cối.

Trong thực tế sản xuất, người ta có thể sử dụng nhiều các chất bôi trơn có thành phần khác nhau. Các chất bôi trơn này có thể chia thành 2 nhóm chính:

- Các chất bôi trơn không có chất độn không tạo được màng chắn bền vững và dễ dàng bị ép ra khỏi bề mặt của phôi và dụng cụ.
- Các chất bôi trơn tốt nhất khi chịu áp lực cao là những chất bôi trơn có chất độn dưới dạng bột phấn hoạt thạch và đặc biệt là graphit hoặc bột gỗ.

Việc sử dụng những chất bôi trơn như vậy, ngoài việc nâng cao được mức độ biến dạng cho phép, còn nâng cao được tuổi thọ của khuôn (đặc biệt là cối vuốt) bởi vì những chất độn này là lớp ngăn cách giữa phôi và dụng cụ.

Những chất bôi trơn được sử dụng khi dập vuốt cần phải thỏa mãn những yêu cầu sau:

- 1) Tạo ra được một lớp màng chắn bền vững, không bị khô đi và chịu được áp lực cao mà không bị ép ra khỏi bề mặt tiếp xúc.
- 2) Đảm bảo bám dính tốt và phân bố đều lớp bôi trơn.
- 3) Dễ dàng tẩy rửa ra khỏi bề mặt chi tiết sau khi dập.
- 4) Ổn định về thành phần hoá học và không độc.
- 5) Các phần tử của chất độn không được làm hỏng cơ tính (làm biến chất) lớp bề mặt của chi tiết sản phẩm hoặc dụng cụ.
- 6) Không bị thay đổi độ nhớt khi nhiệt độ thay đổi tức là bền nhiệt và chịu nhiệt.

Yêu cầu thứ 6 cho đến nay thực tế vẫn rất khó thực hiện.

Khi dập vuốt các chi tiết bằng thép và kim loại màu, chất bôi trơn được sử dụng đã cho kết quả tốt là dầu bôi trơn với những loại chất độn khác nhau như: hoạt thạch, graphit, lưu huỳnh và bột phấn v.v... Ngoài ra, khi dập vuốt các chi tiết đơn giản, người ta thường sử dụng các chất bôi trơn có pha thêm clo và lưu huỳnh loại: XC-147; XC-163; XC-164 và ukrinol 23 v.v...

Khi dập vuốt các hợp kim chịu nhiệt và hợp kim titan, các loại thép chống ăn mòn thường rất dễ bị dính kim loại lên dụng cụ gây ra các vết xước trên sản phẩm, khi đó người ta sử dụng bột nhão: БЖС-4 (bột nhão này được tổng hợp từ những sản phẩm chế biến dầu lửa) hoặc phủ lên phôi một lớp sơn XBJI-21 nhằm tạo ra một lớp ngăn cách hoặc là sử dụng polietylen hoặc là đệm một lớp giấy parafin. Việc mạ một lớp đồng dẻo lên bề mặt phôi

trong dung dịch muối là một chất bôi trơn rất có triển vọng khi đập vuốt các loại thép chống ăn mòn.

Sự bám dính của các loại thép chịu nhiệt và thép chống ăn mòn lên mép làm việc của cối là do chúng có giới hạn chảy và độ co thắt tỷ đối trung bình khi kéo cao hơn so với thép cacbon thấp. Do đó khi đập vuốt áp lực tiếp xúc của cối tăng lên, làm cho kim loại bị dính vào dụng cụ gây ra hiện tượng cào xước trên bề mặt của chi tiết.

Khi đập vuốt các chi tiết bằng nhôm và hợp kim nhôm người ta thường sử dụng hỗn hợp sáp nến và dầu thông hoặc vazolin kỹ thuật. Khi đập vuốt đồng người ta dùng ukrinol 3 hoặc mỡ động vật hoặc dầu xà phòng emunsi. Khi đập vuốt các chi tiết đã qua ủ kết tinh lại, trong số đó có các chi tiết đập vuốt biến mỏng thành, người ta thường sử dụng: nước-xà phòng emunsi để bôi trơn, bởi vì các chất bôi trơn khác thường dễ bị cháy tạo ra trên bề mặt chi tiết một lớp muội than rất khó tẩy sạch. Nhiệt độ của emunsi cần phải nhỏ hơn $20 \div 30^{\circ}\text{C}$. Khi nhiệt độ của emunsi lớn hơn 30°C độ nhớt của nó bị giảm đáng kể, đến nỗi bị mất đi tính chất bôi trơn và gây ra phế phẩm dưới dạng đứt, rách.

Những nghiên cứu nhằm xác định độ nhớt tối ưu của chất bôi trơn, phụ thuộc vào tốc độ biến dạng và áp lực tiếp xúc lên dụng cụ khi đập vuốt đã chỉ ra rằng: chất bôi trơn sẽ có ích khi đập vuốt với tốc độ biến dạng nhỏ và hoàn toàn không có tác dụng khi đập vuốt với tốc độ lớn do bị nóng lên và giảm độ nhớt. Nếu sử dụng các chất bôi trơn chịu nhiệt, có độ nhớt tối ưu, thì khả năng để nhận được các chi tiết đúng quy cách bằng phương pháp đập vuốt chỉ với tốc độ biến dạng khoảng 300 m/s. Khi đập vuốt bằng áp lực của chất nổ những tấm hợp kim nhôm người ta thường sử dụng dầu vazolin hoặc 10% nước-xà phòng emunsi.

Những chất bôi trơn mà chúng ta vừa khảo sát trên được sử dụng không những để đập vuốt mà còn sử dụng để thực hiện những nguyên công tạo hình khác như: uốn, tóp, đập giãn, lên vành, tạo hình v.v...

CÁC NGUYÊN CÔNG TẠO HÌNH KHÁC

5.1. NGUYÊN CÔNG LÊN VÀNH LỖ

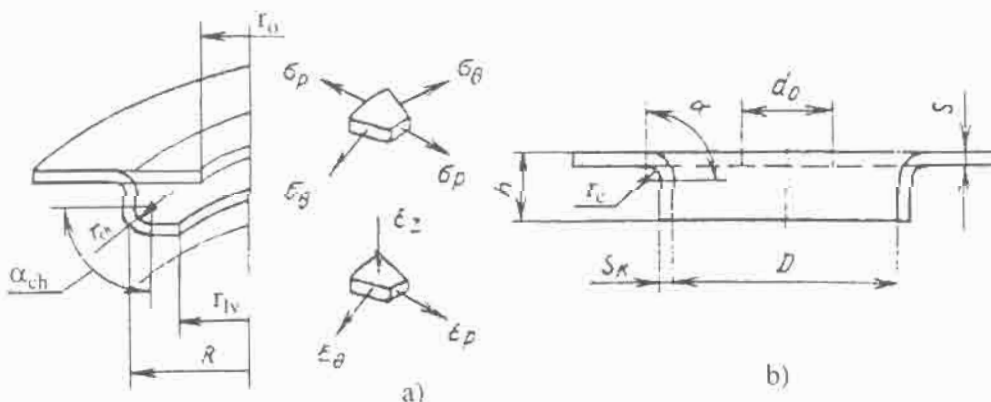
5.1.1. Trạng thái ứng suất và biến dạng

Lên vành lỗ là một nguyên công nhằm tạo ra vành gờ xung quanh lỗ trên các phôi phẳng hoặc phôi có độ cong đơn (hình trụ, hình côn) và phôi có độ cong kép (như hình cầu) v.v... Trong các phôi đó thường có các lỗ công nghệ đã được đột hoặc khoan trước khi lên vành và cách đều đường bao của vành.

Trong quá trình lên vành xảy ra sự tăng kích thước của lỗ công nghệ đồng thời với việc uốn phần phôi ở xung quanh lỗ theo mép làm việc của cối và sau đó nắn thẳng phần phôi này nhờ sự dịch chuyển tương đối mép làm việc của chày. Giai đoạn đầu của quá trình lên vành được biểu diễn trên hình 5.1a và kết thúc hình 5.1b.

Vùng bị biến dạng dẻo khi lên vành lỗ là một vòng vành khăn, được giới hạn bởi các bán kính r_{lv} và R (hình 5.1a). Trạng thái ứng suất tại vùng biến dạng dẻo là trạng thái ứng suất phẳng gồm ứng suất kéo theo hướng kính và hướng tiếp tuyến. Do đó nếu tính dẻo của vật liệu phôi thấp thì chiều cao của vành đạt từ 0,2 đến 0,3 lần giá trị đường kính của nó.

Khi lên vành ở trạng thái nguội, thường xảy ra hiện tượng hoá bền vật liệu và sự giảm chiều dày của phôi tại vùng biến dạng (biến mỏng thành). Những hiện tượng này có tác dụng ngược nhau đối với ứng suất kéo hướng kính cực đại σ_{pmax} . Sự biến mỏng của phôi sẽ làm giảm giá trị của σ_{pmax} và sự hoá bền vật liệu phôi sẽ làm tăng σ_{pmax} . Nếu giả sử rằng ảnh hưởng của sự hoá bền và sự biến mỏng đến ứng suất kéo σ_{pmax} được bù trừ lẫn nhau thì khi phân tích trạng thái ứng suất của chúng có thể không cần chú ý tới.



Hình 5.1. Các giai đoạn của quá trình lên vành:

a- giai đoạn đầu; b- giai đoạn kết thúc.

Công thức để xác định ứng suất kéo hướng kính lớn nhất tại thời điểm cao nhất của quá trình lên vành (khi góc ôm của phôi vào các mép làm việc của cối và chày $\alpha_{\text{cối}} = \alpha_{\text{chày}} = 90^\circ$) có tính đến các ứng suất sinh ra trong phôi ở tất cả các giai đoạn, cũng như tính đến ứng suất phụ được gây ra bởi lực ma sát tiếp xúc, (theo phương pháp kỹ sư) có dạng như sau:

$$\sigma_{p\max} = \sigma_s \left(1 - \frac{r_{lv}}{R} + \frac{S}{2r_{ch} + S} + \frac{S}{4r_c + 2S} \right) (1 + 1,6\mu) \quad (5-1)$$

trong đó:

$r_{lv} = r_o + 0,57(r_c + r_{ch} + S)$ - bán kính của lỗ công nghệ trong phôi tại thời điểm cao nhất của quá trình lên vành;

R - bán kính của vành;

r_{ch}, r_c - bán kính lượn của chày và cối;

S - chiều dày vật liệu.

Trong công thức (5-1) số hạng $(1 - r_o/R)$ là mức độ biến dạng, các số hạng $S/(2r_{ch} + S)$ và $S/(4r_c + 2S)$ là tính đến sự uốn của phôi ở các mép làm việc của chày và cối; còn số hạng cuối $(1 + 1,6\mu)$ tính đến sự ảnh hưởng của ma sát tiếp xúc trên mép làm việc của chày.

Trị số chính xác hơn của ứng suất $\sigma_{p\max}$ có tính đến sự ảnh hưởng của hoá bền vật liệu và sự biến mỏng thành được xác định bằng phương pháp khác trong các tài liệu chuyên ngành.

5.1.2. Lực biến dạng

Lực biến dạng khi lên vành bằng chày hình trụ có đáy phẳng tại thời điểm cao độ của quá trình với điều kiện $(R - r_o) > r_{ch}$ được xác định theo công thức sau:

$$P_{lv} = 2\pi \cdot \omega \cdot R \cdot S \cdot \sigma_{p\max} \quad (5-2)$$

trong đó: $\sigma_{p\max}$ - ứng suất kéo hướng kính cực đại theo công thức (5-1).

Lực biến dạng khi lên vành có thể xác định một cách gần đúng nếu như trong công thức (5-1) chúng ta có thể bỏ qua các số hạng phía sau là những số hạng tính đến sự ảnh hưởng của ứng suất uốn và ma sát tiếp xúc. Khi đó ta có phương trình 5-3:

$$P_{lv} \approx \pi \cdot D \cdot S \cdot \sigma_b (1 - r_o/R) \quad (5-3)$$

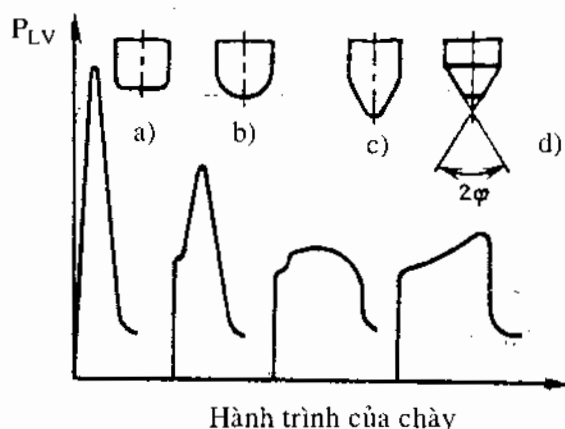
Trong công thức (5-3) ta đã bỏ qua một số yếu tố ảnh hưởng đến $\sigma_{p\max}$, để bù vào đó chúng ta đã thay σ_s trong công thức (5-1) bằng giới hạn bền σ_b .

Khi lên vành, hình dạng phần làm việc của chày có ảnh hưởng chủ yếu đến lực lên vành. Trên hình 5.2 đã chỉ ra đồ thị lực khi lên vành thay đổi theo hành trình làm việc của các loại hình dạng chày khác nhau. Lực lên vành sẽ là nhỏ nhất khi hình dạng của chày có dạng parabol hoặc hình côn.

Lực biến dạng khi lên vành bằng chày hình côn sẽ là:

$$P_{lv} = \pi R S \sigma_b \left[\left(1 - \frac{r_o}{R} \right) \sin \varphi + (1 - \sin \varphi) \ln \frac{R}{r_o} \right] (\sin \varphi + \mu \cos \varphi) \left(1 + \sqrt{\frac{r_o}{R - (R - r_o) \sin \varphi}} \right) \quad (5-4)$$

trong đó: φ là góc nghiêng đường sinh của chày (hình 5.2d).



Hình 5.2. Sự thay đổi của lực lên vành theo hành trình của chày:

a- chày hình trụ ; b- chày hình chỏm cầu; c- chày parabol; d- chày hình côn.

Khi sử dụng chày hình côn có góc $\varphi = 30^\circ$ sẽ cho phép giảm được lực lên vành (khi $r/R = 0,6$) khoảng 1,5 lần so với khi dùng chày hình trụ có đáy phẳng và góc lượn nhỏ.

5.1.3. Tính toán công nghệ

Hình dạng phần làm việc của chày có ảnh hưởng đến độ chính xác kích thước và hình dạng đường sinh của vành. Khi lên vành bằng chày hình trụ có đáy phẳng và bán kính lượn của mép làm việc tương đối nhỏ thì bề mặt của vành có dạng phình trống. Khi đó đường kính của nó sẽ tăng lên ở vùng uốn và phần thành khi ra khỏi chày. Khuyết tật này thường không cho phép nếu phần vành dùng để lắp ghép với các chi tiết khác bằng ren hoặc lắp chặt.

Hiện tượng trên là do tác dụng của mômen uốn gây ra bởi ứng suất kéo σ_p và lực ma sát tiếp xúc tại thời điểm kết thúc quá trình lên vành. Nếu khe hở giữa chày và cối càng lớn thì mômen uốn càng lớn và sự phình trống càng lớn. Có thể khắc phục độ phình trống của vành bằng cách tăng bán kính lượn mép làm việc của chày. Khi lên vành bằng chày có dạng bán cầu hoặc hình côn thì hình dạng đường sinh của vành hầu như là thẳng.

Chiều cao lớn nhất của vành: h_{max} khi lên vành mà không có khuyết tật như bị nứt nẻ ở phần mép vành, tùy thuộc vào sự giãn dài tương đối đồng đều của phần vành khăn phải được giới hạn bởi lỗ công nghệ và đường kính vành. Giá trị của h_{max} tùy thuộc vào mức độ biến dạng, tính chất cơ học của vật liệu phôi và chiều dày tương đối của phần thành khi lên vành: S/D .

Trạng thái của vật liệu phôi ở mép lỗ công nghệ có ảnh hưởng chủ yếu đến độ giãn dài tương đối đồng đều. Nếu như sự hoá bền của kim loại ở mép lỗ không đáng kể hoặc hoàn toàn không bị hoá bền (điều này chỉ có thể nhận được khi lỗ được khoan hoặc đột sau đó có cắt tinh (gọt) hoặc có thể ủ phôi sau khi đột) thì độ giãn dài tỷ đối sẽ lớn hơn nhiều so với khi lỗ được đột bằng khuôn mà không có xử lý. Khi đó chiều rộng của phần vành bị hoá bền của phôi được giới hạn bởi đường kính lỗ và bằng chiều dày của nó. Độ giãn dài tương đối của phần mép vành khi lên vành thường lớn hơn so với độ giãn dài tỷ đối khi kéo mẫu tiêu chuẩn. Sở dĩ như vậy là do sự phân bố biến dạng không đồng đều theo chiều cao của vành: Các lớp kim loại ở sát mép bị biến dạng nhiều hơn so với các lớp kim loại càng xa mép lỗ của phôi, vì vậy các lớp kim loại sau cùng sẽ bị nén lại do sự biến dạng của các lớp kim loại ở ngoài mép làm tăng độ giãn dài tương đối của vành.

Độ giãn dài tương đối của phần vành phôi được giới hạn bởi lỗ công nghệ được xác định theo công thức:

$$\delta_0 = \frac{D}{d_0} - 1$$

trong đó: d_0 - đường kính của lỗ công nghệ;

D - đường kính lên vành;

tỷ số $D/d_0 = K_{lv}$ được gọi là hệ số lên vành.

Do chưa có một phương pháp tính toán chính xác sự ảnh hưởng của ứng suất tập trung và sự hoá bền biến dạng dọc theo mép lỗ công nghệ nhận được bằng các phương pháp: khoan, đột hoặc phương pháp khác nào đó nên cho đến nay vẫn chưa có một công thức nào (dưới dạng giải tích rõ ràng) để xác định hệ số lên vành.

Mức độ biến dạng giới hạn có thể xác định theo phương pháp của V. L. Konmogorop. Bằng phương pháp này có thể nhận được trường phân bố biến dạng một cách đầy đủ và xây dựng đồ thị dẻo đối với một kim loại có chiều dày và mức vật liệu đã cho.

Để xác định hệ số lên vành cho phép người ta thường sử dụng các hệ số thực nghiệm dưới dạng bảng số liệu hoặc đồ thị quan hệ. Khi phân tích những số liệu này chúng ta có thể thấy rằng: khi tăng chiều dày tương đối của phôi S/D thì giá trị giới hạn của hệ số lên vành cho phép $[K_{lv}]$ sẽ tăng lên (hình 5.3a).

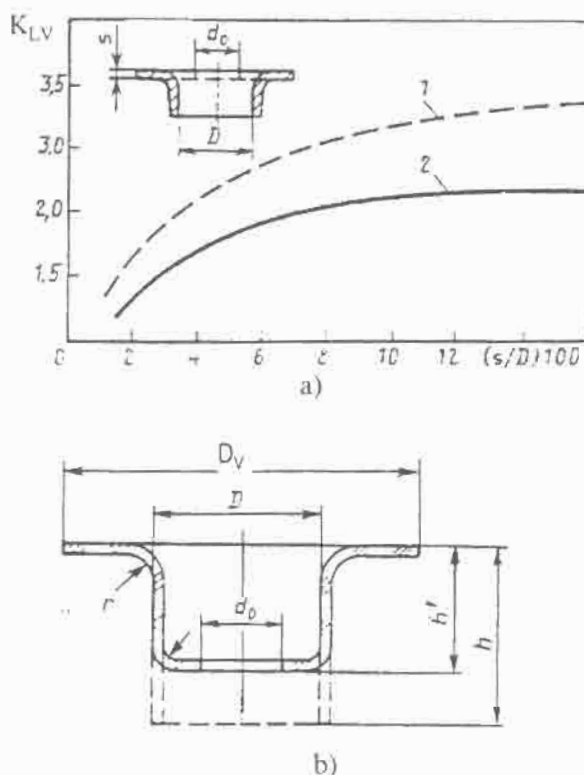
Do sự biến dạng tương đối dọc trục δ_p tại ổ biến dạng có sự thay đổi dấu (ở mép của vành cối là biến dạng nén và sau đó ở một khoảng cách nhất định từ mép cối trở đi là biến dạng kéo) cho nên sự sai lệch giữa độ dài khai triển của phần vành được tạo ra và chiều rộng của phần phôi bị biến dạng vào khoảng 10%. Nếu sử dụng những số liệu này thì đường kính của lỗ công nghệ có thể được xác định bằng điều kiện cân bằng giữa độ dài của phần vành khai triển với chiều rộng của phần phôi bị biến dạng (hình 5.1b).

$$d_0 = D + 2,4S + 0,9r_c - 2h \quad (5-5)$$

Có thể sử dụng công thức (5-5) nếu như chiều cao cần thiết của vành không vượt quá giới hạn cho phép ($H < h_{\max}$).

$$h_{\max} = \frac{D(1 - 1/K_{lv}) + 2,4S + 0,9r_c}{2} \quad (5-6)$$

trong đó K_{lv} - hệ số lên vành xác định theo số liệu thực nghiệm trong số tay.



Hình 5.3. a) Sự phụ thuộc của hệ số lên vành cho phép vào chiều dày tương đối của phôi đối với thép 08:

- a) 1- lỗ nhận được bằng phương pháp đúc; 2- lỗ nhận được bằng phương pháp khoan;
b) Sơ đồ dập vuốt và lên vành để nhận được chi tiết có chiều cao vành lớn.

Có thể nhận được kết quả chính xác hơn khi giải bài toán xác định đường kính lỗ công nghệ bằng cách sử dụng điều kiện thể tích không đổi trước và sau biến dạng. Tuy nhiên những kết quả đo chiều cao của phần vành khi lên vành đã chứng minh rằng: Sự sai lệch của những số liệu tính toán (theo công thức 5-5) và những số liệu thực nghiệm (với $\frac{S}{D} \cdot 100 \leq 5$) không vượt quá 6%. Chính vì vậy công thức (5-5) đã được sử dụng rộng rãi trong thực tế sản xuất.

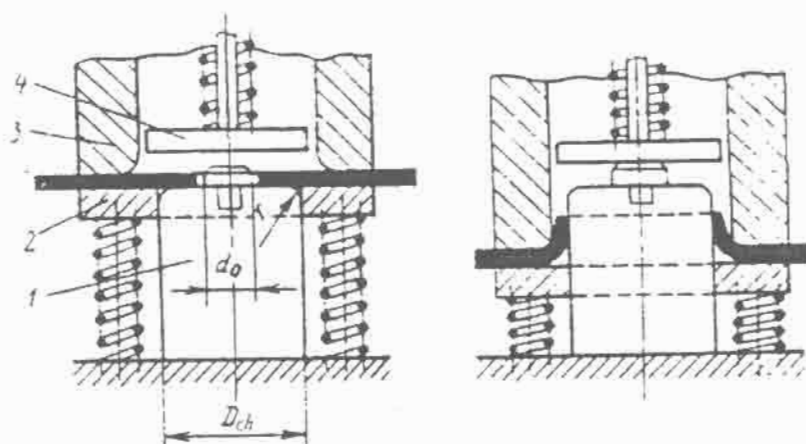
Chiều cao của vành thường không vượt quá 0,3 đường kính vành D . Nếu lỗ công nghệ được gia công tinh (gọt) sau khi đột thì chiều cao của vành có thể tăng lên đến $(0,3 \div 0,4)D$. Khi chiều cao của vành lớn hơn giới hạn cho phép ($h > h_{\max}$) thì có thể nhận được phần vành bằng cách dập vuốt sơ bộ một phần hình trụ (có thể sau một hoặc nhiều nguyên công tùy theo hình dạng của chi tiết, theo nguyên tắc dập vuốt chi tiết hình trụ có mặt vành rộng) có chiều cao h' và đường kính D , sau đó đột lỗ đáy và lên vành (hình 5.3b).

Chiều cao của phần hình trụ h' khi dập vuốt được xác định theo công thức sau:

$$h' \approx h - 0,28.D \cdot \frac{(K_{LV} - 1)}{K_{LV}} \quad (5-7)$$

Chiều cao h' theo công thức (5-7) chỉ có thể chấp nhận được với điều kiện lỗ công nghệ có đường kính: $d_0 = (D + S)/K_{LV}$ và bán kính góc lượn ở đáy hình trụ là $r_{ch} = r_d = (D - d_0)/2$.

Khuôn để lên vành không có biến mỏng, về mặt kết cấu giống như khuôn để dập vuốt lần đầu và thường dập trên máy ép trục khuỷu đơn động (hình 5.4).



Hình 5.4. Sơ đồ khuôn để lên vành:

1- chày; 2- tấm đỡ chặn; 3- cối; 4- tấm đáy.

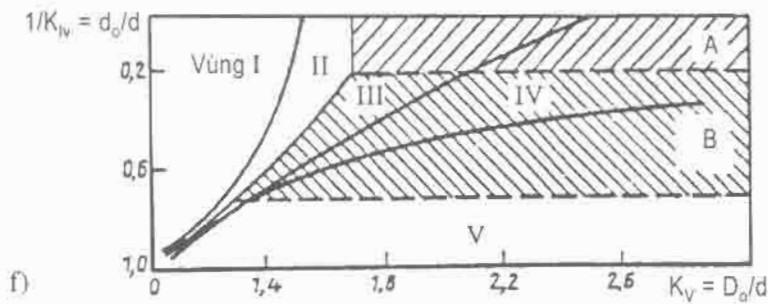
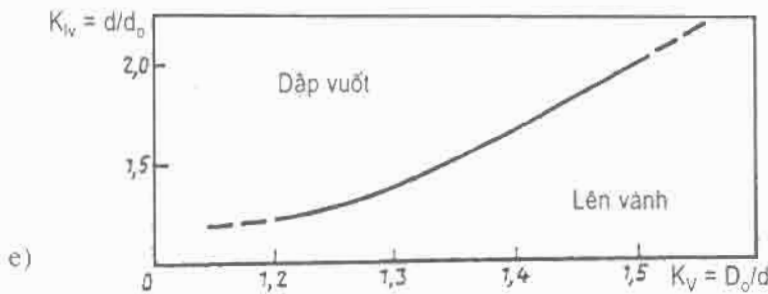
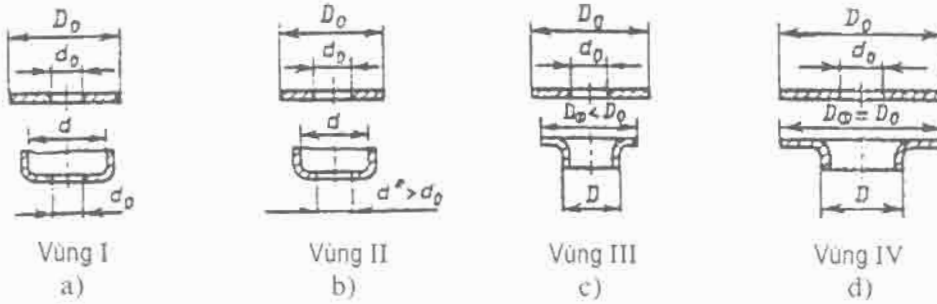
Sự khác nhau giữa khuôn lên vành và khuôn dập vuốt lần đầu là trên chày lên vành có kẹp một vòng định vị có đường kính bằng đường kính lỗ công nghệ d_0 . Khe hở giữa chày và cối được lấy bằng chiều dày vật liệu phôi. Đường kính của chày lên vành tương ứng với đường kính của vành: $D_{ch} = D$. Bán kính lượn của chày lên vành thường được lấy bằng $6 \div 8$ lần chiều dày phôi:

$$r_{ch} = (6 \div 8)S$$

5.1.4. Lên vành vòng phôi phẳng

Khi dập các vòng phôi phẳng có thể có nhiều phương án tạo hình khác nhau như: Dập vuốt chi tiết hình trụ với đường kính d khi đường kính lỗ d_0 không thay đổi (hình 5.5a);

đập vuốt chi tiết hình trụ có sự tăng đường kính lỗ d_0 (hình 5.5b); lên vành với đường kính D và có sự giảm đường kính phôi D_0 (hình 5.5c); lên vành với sự không thay đổi đường kính phôi D_0 (hình 5.5d).



Hình 5.5. Lên vành vòng phôi phẳng:

$a \div d$ - các phương án có thể tạo hình từ vòng phôi phẳng; e- đường cong giới hạn phân chia giữa vùng lên vành và vùng đập vuốt; f- đường cong giới hạn theo G. Martiniaky.

Đặc điểm của quá trình tạo hình phụ thuộc vào tỷ số của các kích thước đường kính của vành phôi và do đó phụ thuộc vào trị số của lực công nghệ cần thiết để đập. Tỷ số giữa lực đập vuốt và lực lên vành có thể xác định nếu chúng ta sử dụng những công thức gần đúng (4-24) và (5-3). Qua một số biến đổi và coi $d_0 = D$ chúng ta nhận được:

$$\frac{P_v}{P_{lv}} = (K_v - 1) \frac{K_{lv}}{K_{lv} - 1} \quad (5-8)$$

trong đó: K_{lv} - hệ số lên vành;

K_v - mức độ dập vuốt.

Với lực bằng nhau, quá trình dập vuốt và lên vành lúc bắt đầu đều cùng xác suất. Đây là điều kiện cho phép có thể tìm được quan hệ hàm số:

$$K_v = 2 - \frac{1}{K_{lv}}$$

Nếu sử dụng quan hệ này chúng ta có thể xây dựng được đường cong giới hạn phân chia giữa vùng lên vành và vùng dập vuốt (hình 5.5e). Vùng tương ứng của K_{lv} và K_v nằm dưới đường cong giới hạn đặc trưng cho quá trình lên vành, còn vùng nằm trên đường cong giới hạn đặc trưng cho quá trình dập vuốt.

Sự nghiên cứu một cách chi tiết hơn quá trình tạo hình các vành phôi phẳng của G. Martiniaky đã đưa ra kết quả dưới dạng đường cong giới hạn phân chia một trường đồ thị với các trục tọa độ: $K_v = D_0/d$ và $1/K_{lv} = d_0/d$ (hình 5.5f) thành 5 vùng khác nhau. Mỗi vùng trong đó tương ứng với một phương án tạo hình (hình 5.5a, b, c, d). Đồ thị bao gồm hai phần: Phần A (nằm ở phía trên đồ thị) tương ứng với sự phá huỷ phôi (nứt rách đáy) còn phần B tương ứng với quá trình dập không bị phá huỷ.

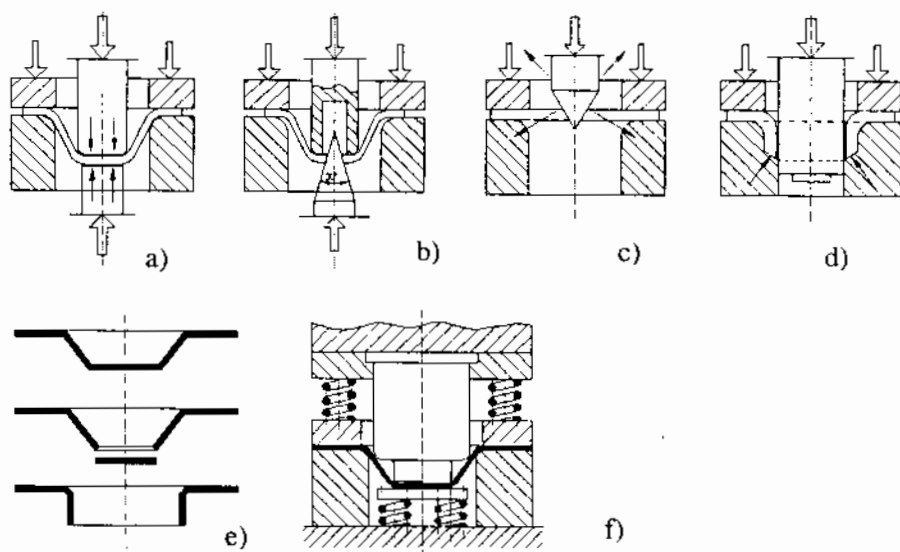
Với mỗi điểm trên đồ thị có tọa độ d_0/d và D_0/d chúng ta có thể xác định được đặc điểm của quá trình tạo hình vành phôi phẳng. Từ đồ thị có thể suy ra rằng: Quá trình lên vành chỉ có thể xảy ra ở vùng V khi $D_{vành} = D_0$. Với những tỷ số khác của đường kính D , d và d_0 (vùng III và IV) thì quá trình lên vành sẽ phải chặn cứng phần vành phôi.

5.1.5. Những phương pháp lên vành đặc biệt

Ngoài những phương pháp lên vành truyền thống từ phôi phẳng mà chúng ta vừa khảo sát với phôi đã được đột lỗ trước, còn có một số phương pháp như: lên vành có áp lực nén dọc trục ở mép lỗ (hình 5.6a), lên vành có áp lực nén hướng kính ở mép lỗ (hình 5.6b), lên vành với sự làm nhẵn trước bề mặt bên của lỗ bằng chày hình côn (hình 5.6c), lên vành có ứng suất pháp dọc trục ở thời điểm kết thúc quá trình biến dạng (hình 5.6d), lên vành phối hợp có sự tạo hình trước phần lõi của vành và đột lỗ (hình 5.6e) ...

Việc đặt áp lực nén tại ổ biến dạng có khả năng nâng cao được tính dẻo của vật liệu phôi và do đó nâng cao được mức độ biến dạng giới hạn cho phép. Sự làm nhẵn mép lỗ bằng chày hình côn trước khi lên vành sẽ loại bỏ được các vết nứt tế vi xuất hiện trong quá trình đột lỗ công nghệ và điều đó cũng có khả năng nâng cao mức độ biến dạng.

Các tác giả S. G. Yudin và V. Ph. Piskop đã đưa ra phương pháp tạo hình bằng cách đột lỗ và lên vành trong một khuôn phối hợp. Đặc điểm của khuôn này là việc đột lỗ được thực hiện bằng chày mà không có cối, mép sắc của chày sẽ cắt phần phôi đã được vuốt vào trong cối và sau đó hoàn chỉnh quá trình lên vành (hình 5.6f).



Hình 5.6. Các phương pháp lên vành đặc biệt.

Nguyên công lên vành không những chỉ tạo ra vành gờ trên các phôi phẳng mà cả trên những phôi rỗng hình trụ (hình 5.7). Phương pháp này được sử dụng để tạo ra các vấu nhánh với những dạng khác nhau để hàn nối trong hệ thống ống dẫn. Để cho chiều cao của vành tương đối đồng đều dọc theo chu vi thì lỗ công nghệ cần phải có độ ô van với trục lớn a nằm dọc theo trục đối xứng của phôi hình trụ, độ dài của nó có thể xác định từ điều kiện cân bằng giữa độ dài khai triển của vành với chiều rộng phần phôi bị biến dạng (giống như khi lên vành lỗ tròn) theo công thức (5-5); còn độ dài trục ngắn b được xác định (cũng từ điều kiện cân bằng như trên) theo công thức sau (hình 5.7):

$$b = (D_{ng} - S) \cdot \cos \frac{(2D_{ng} + 2r_{ng}) \cdot \arccos(d_v + 2r_{ng}) / (D_{ng} - 2r_{ng}) - 2h}{(D_{ng} - S)} \quad (5-9)$$

trong đó: D_{ng} - đường kính ngoài của phôi trụ;

S - chiều dày thành ống phôi;

h - chiều cao của vành;

r_{ng} - bán kính lượn ngoài của vành;

d_v - đường kính vành.

Nếu trên bản vẽ chi tiết chỉ có kích thước H (hình 5.7a) thì chiều cao của phần vành h sẽ không ghi, nó sẽ được xác định theo công thức sau:

$$h = (H - 0,5S) \left[D + (D + 2r) \sqrt{1 - \left(\frac{d + 2r}{D + 2r} \right)^2} \right]$$

trong đó: D , r , d là các kích thước trung bình của mặt cắt ngang của chi tiết.

trong đó: K_{lv} - hệ số lên vành;
 K_v - mức độ dập vuốt.

Với lực bằng nhau, quá trình dập vuốt và lên vành lúc bắt đầu đều cùng xác suất. Đây là điều kiện cho phép có thể tìm được quan hệ hàm số:

$$K_v = 2 - \frac{1}{K_{lv}}$$

Nếu sử dụng quan hệ này chúng ta có thể xây dựng được đường cong giới hạn phân chia giữa vùng lên vành và vùng dập vuốt (hình 5.5e). Vùng tương ứng của K_{lv} và K_v nằm dưới đường cong giới hạn đặc trưng cho quá trình lên vành, còn vùng nằm trên đường cong giới hạn đặc trưng cho quá trình dập vuốt.

Sự nghiên cứu một cách chi tiết hơn quá trình tạo hình các vành phôi phẳng của G. Martriniaky đã đưa ra kết quả dưới dạng đường cong giới hạn phân chia một trường đồ thị với các trục tọa độ: $K_v = D_0/d$ và $1/K_{lv} = d_0/d$ (hình 5.5f) thành 5 vùng khác nhau. Mỗi vùng trong đó tương ứng với một phương án tạo hình (hình 5.5a, b, c, d). Đồ thị bao gồm hai phần: Phần A (nằm ở phía trên đồ thị) tương ứng với sự phá hủy phôi (nứt rách đáy) còn phần B tương ứng với quá trình dập không bị phá hủy.

Với mỗi điểm trên đồ thị có tọa độ d_0/d và D_0/d chúng ta có thể xác định được đặc điểm của quá trình tạo hình vành phôi phẳng. Từ đồ thị có thể suy ra rằng: Quá trình lên vành chỉ có thể xảy ra ở vùng V khi $D_{vành} = D_0$. Với những tỷ số khác của đường kính D , d và d_0 (vùng III và IV) thì quá trình lên vành sẽ phải chặn cứng phần vành phôi.

5.1.5. Những phương pháp lên vành đặc biệt

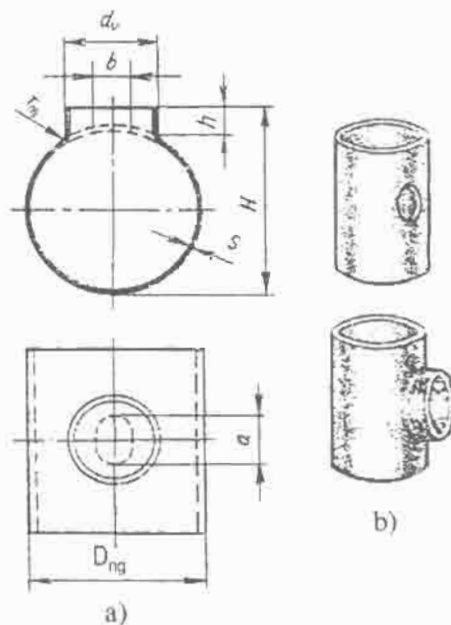
Ngoài những phương pháp lên vành truyền thống từ phôi phẳng mà chúng ta vừa khảo sát với phôi đã được đột lỗ trước, còn có một số phương pháp như: lên vành có áp lực nén dọc trục ở mép lỗ (hình 5.6a), lên vành có áp lực nén hướng kính ở mép lỗ (hình 5.6b), lên vành với sự làm nhẵn trước bề mặt bên của lỗ bằng chày hình côn (hình 5.6c), lên vành có ứng suất pháp dọc trục ở thời điểm kết thúc quá trình biến dạng (hình 5.6d), lên vành phôi hợp có sự tạo hình trước phần lõi của vành và đột lỗ (hình 5.6e) ...

Việc đặt áp lực nén tại ổ biến dạng có khả năng nâng cao được tính dẻo của vật liệu phôi và do đó nâng cao được mức độ biến dạng giới hạn cho phép. Sự làm nhẵn mép lỗ bằng chày hình côn trước khi lên vành sẽ loại bỏ được các vết nứt tế vi xuất hiện trong quá trình đột lỗ công nghệ và điều đó cũng có khả năng nâng cao mức độ biến dạng.

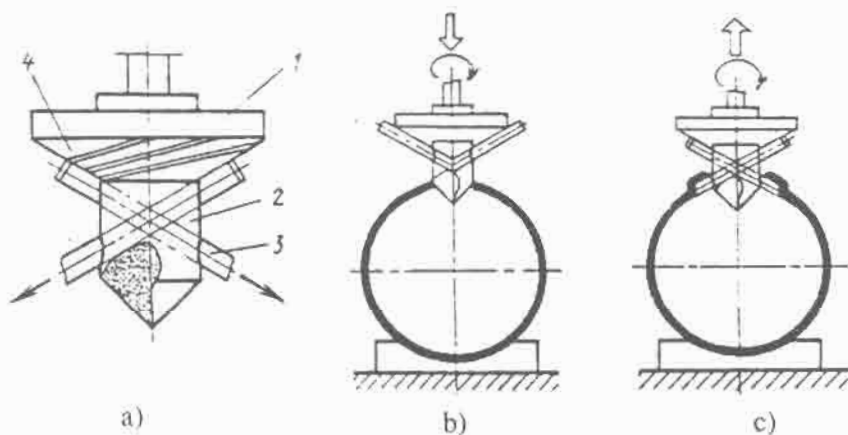
Các tác giả S. G. Yudovich và V. Ph. Piskop đã đưa ra phương pháp tạo hình bằng cách đột lỗ và lên vành trong một khuôn phôi hợp. Đặc điểm của khuôn này là việc đột lỗ được thực hiện bằng chày mà không có cối, mép sắc của chày sẽ cắt phần phôi đã được vuốt vào trong cối và sau đó hoàn chỉnh quá trình lên vành (hình 5.6f).

Để tạo ra các ống nối ba chạc (chữ T) từ những phôi ống hình trụ có kích thước không lớn (hình 5.7b), trong sản xuất loạt nhỏ người ta thường dập trong khuôn có cối ghép với chày lên vành là những viên bi cầu được đẩy qua lỗ công nghệ bởi thanh chêm có chuyển động tịnh tiến trong phôi. Những khuôn lên vành có kết cấu phức tạp hơn được sử dụng để chế tạo các chi tiết ống nối ba chạc có thành dày và đường kính lớn.

Những vành có đường kính đến 500 mm trên những ống có đường kính lớn và dài, có thể nhận được bằng phương pháp nong lỗ trên các máy chuyên dùng kiểu T30-T500 (Phần Lan), được trang bị dụng cụ liên hợp có thể quay và chuyển động lên xuống nhẹ nhàng (hình 5.8a). Khi dụng cụ đi xuống, nó sẽ khoan lỗ công nghệ bởi lưỡi khoan số 2, khi đó các chày nong 3 được điều chỉnh co lại bởi mặt côn 4 trên giá đỡ 1 (hình 5.8b). Sau khi kết thúc quá trình khoan, giá đỡ 1 dịch chuyển về phía trong lòng ống. Nhờ có sự điều chỉnh mặt côn 4, các chày nong 3 được nhô ra và điều chỉnh để nong thành vành gờ có đường kính cần thiết. Sau đó dụng cụ được dịch chuyển dần lên phía trên, các chày nong tiếp xúc với ống và nong dần thành vành gờ (hình 5.8c). Trong suốt quá trình nong, ống phôi cần phải được kẹp chặt trên bàn máy.



Hình 5.7. Sơ đồ nong vành trên phôi ống hình trụ.



Hình 5.8. Sơ đồ nong vành trên ống lớn bằng dụng cụ chuyên dùng.

Thời gian để nong vành có đường kính 54 mm trên ống bằng thép khoảng $15 \div 30$ giây, còn với đường kính vành 500 mm hết khoảng $10 \div 20$ phút. Nếu đường kính của vành

lớn hơn $100 \div 120$ mm thì lỗ công nghệ có thể phay trước khi nông.

Phương pháp công nghệ mà chúng ta vừa khảo sát được phát minh tại Phần Lan và được gọi là phương pháp “Khoan - T”.

5.1.6. Lên vành có biến mỏng

Đối với các chi tiết có yêu cầu chiều cao của vành lớn, người ta có thể tiến hành lên vành có biến mỏng trong khuôn có khe hở một phía giữa chày và cối nhỏ hơn chiều dày ban đầu của phôi ($Z < S$). Khi đó sự tăng chiều cao của vành là do sự chủ định giảm chiều dày của phôi. Phương pháp này được gọi là lên vành có biến mỏng.

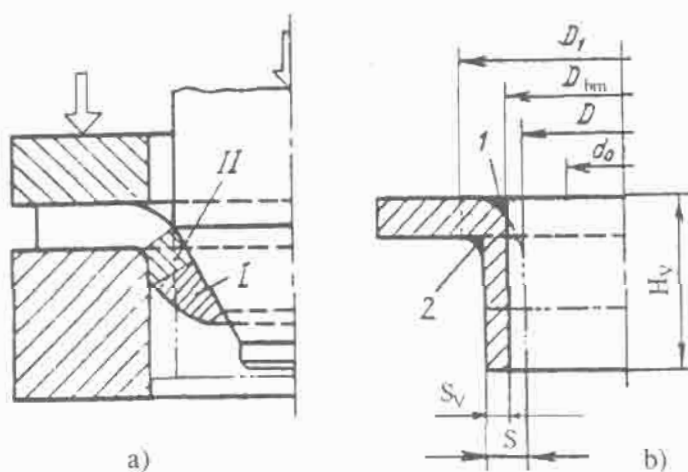
Các chi tiết nhận được bằng phương pháp lên vành có biến mỏng thường đạt được độ chính xác cao về kích thước đường kính của vành (cấp $8 \div 10$) và độ bóng bề mặt bên trong của vành cao ($R_a = 3,2 \div 1,6$). Ngoài ra do bị biến dạng dẻo nguội, độ cứng của vành cũng tăng lên ($30 \div 40$)% so với độ cứng của phôi.

Lên vành có biến mỏng thường được thực hiện bởi các chày hình côn. Đầu tiên quá trình lên vành không có biến mỏng được thực hiện, sau đó khi phần hình trụ của chày đi sâu vào trong cối thì quá trình lên vành có biến mỏng mới xảy ra (hình 5.9).

Mức độ biến dạng khi lên vành có biến mỏng được đặc trưng bởi hai chỉ tiêu:

- Hệ số lên vành không biến mỏng: $K_{lv} = D/d_0$ (trong đó d_0 là đường kính lỗ công nghệ; D là đường kính vành nhận được không biến mỏng);
- Hệ số biến mỏng là tỷ số giữa chiều dày của phôi ban đầu và chiều dày của vành (sau khi biến mỏng):

$$K_{\text{biến mỏng}} = S/S_V.$$



Hình 5.9. Sơ đồ lên vành có biến mỏng:

a- giai đoạn đầu; b- giai đoạn kết thúc.

Ổ biến dạng dẻo khi lên vành có biến mỏng bao gồm phần I trong giới hạn của quá trình lên vành không biến mỏng và phần II là nơi xảy ra sự biến mỏng của vành (hình 5.9a). Ở phần I của ổ biến dạng dẻo có trạng thái ứng suất phẳng còn ở phần II có trạng thái ứng suất khối.

Phân tích trạng thái ứng suất biến dạng của ổ biến dạng cho phép chúng ta xác định được điều kiện tối ưu khi lên vành có biến mỏng. Trên cơ sở của sự phân tích này, sau khi đơn giản hóa một số yếu tố cho phép, chúng ta có thể nhận được công thức để xác định góc nghiêng tối ưu đường sinh của chày côn: $\alpha_{t,u}$. Khi đó lực công nghệ là nhỏ nhất:

$$\cos \alpha_{t,u} = 1 - 0,5 \cdot \mu \cdot \left(2 - \ln \frac{S}{S_v} \right) \cdot \ln \frac{S}{S_v} \quad (5-10)$$

trong đó: S - chiều dày phôi;

S_v - chiều dày phần vành đã biến mỏng.

Khi $\mu = 0,1$ và $S/S_v = 0,5$ thì $\alpha_{t,u} \approx 20^\circ$.

Từ công thức (5-10) có thể suy ra rằng: góc nghiêng tối ưu của đường sinh chày sẽ tăng lên nếu mức độ biến dạng và hệ số ma sát tăng.

Lực biến dạng cần thiết để lên vành có biến mỏng một cách gần đúng có thể xác định bằng tích số giữa diện tích mặt cắt ngang của vành với ứng suất chảy trung bình tại ổ biến dạng:

$$P_{lv} = \pi \cdot (D_{bm} + S_{bm}) \cdot \sigma_{bm} \quad (5-11)$$

Nếu áp dụng đồ thị hoá bền hàm số mũ và coi mức độ biến dạng tương đối $\psi_{tb} = (S - S_{bm})/2S$ thì giá trị của ứng suất chảy trung bình sẽ là:

$$\sigma_{S(tb)} = \frac{\sigma_b}{1 - \psi_K} \left(\frac{S - S_{bm}}{2S\psi_K} \right)^{\frac{\psi_K}{1 - \psi_K}}$$

trong đó: ψ_K - độ co thắt trung bình khi kéo mẫu;

σ_b - giới hạn bền của vật liệu;

S, S_{bm} - chiều dày phôi và vành đã biến mỏng.

Một cách chính xác hơn thì lực biến dạng khi lên vành có thể được xác định bằng tổng đại số của các lực được tạo ra bởi các ứng suất kéo ở phần thành của vành và lực ma sát sinh ra trên bề mặt tiếp xúc giữa chày và chi tiết.

Chiều cao lớn nhất của vành H_{max} khi lên vành có biến mỏng, tùy thuộc vào độ giãn dài tỷ đối của vật liệu phôi, trạng thái mép lỗ công nghệ (giống như khi lên vành không có biến mỏng) và độ biến mỏng tương đối của vành. Với mức độ biến mỏng vượt quá giới hạn cho phép ($K_{lv} = S/S_{bm}$) có thể xảy ra hiện tượng đứt phần vành ra khỏi chi tiết.

Nếu biết được giá trị của K_{lv} thì chiều cao lớn nhất của vành có thể xác định từ điều kiện cân bằng thể tích giữa phôi (có lỗ công nghệ) và thể tích chi tiết.

$$H_{\max} = \frac{\left(D_{\text{bm}} + \frac{2S}{K_{\text{lvbm}}}\right)^2 - d_0^2}{\frac{4S}{K_{\text{lvbm}}} \left(D_{\text{bm}} + \frac{S}{K_{\text{lvbm}}}\right)} \cdot S \quad (5-12)$$

trong đó: d_0 - đường kính lỗ công nghệ;

D_{bm} - đường kính trong của vành có biến mỏng;

K_{lvbm} - hệ số lên vành có biến mỏng;

S - chiều dày phôi ban đầu.

Khi thiết lập phương trình cân bằng thể tích, chúng ta có thể giả thiết rằng phôi được chia thành những vùng cứng, vùng dẻo bởi bề mặt trụ có đường kính D và chiều cao S , còn thể tích của những phần vành 1 và 2 có các đường kính D và D_{bm} tương ứng bằng nhau (hình 5.9b - mặt cắt ngang của chúng được tô đen).

Sự giảm chiều dày thành cho phép của phần vành được xác định trên cơ sở các số liệu thực nghiệm; đối với vật liệu dẻo $K_{\text{lvbm}} = (2 \div 1,66)$. Đường kính d_0 của lỗ công nghệ trong phôi (đảm bảo để nhận được phần vành có chiều cao cần thiết) được xác định theo công thức (5-5) giống như khi lên vành không biến mỏng, nhưng cần chú ý rằng:

$$D = D_{\text{bm}} - 2S \cdot (1 - 1/K_{\text{lvbm}})$$

Đặc điểm về kết cấu của khuôn lên vành có biến mỏng là người ta thường phải ghép căng áo cối do áp lực hướng kính cao trong cối.

5.1.7. Ví dụ

Chúng ta khảo sát một ví dụ tính toán quá trình công nghệ để chế tạo một chi tiết như trên hình 5.10. Vật liệu chi tiết là thép 20 có giới hạn bền $\sigma_b = 420$ MPa và trở lực cắt $\sigma_C = 360$ MPa. Hệ số lên vành cho phép khi lỗ công nghệ gia công bằng phương pháp đột là $[K_{\text{lv}}] = 1,66$ và phương pháp khoan là $[K_{\text{lv}}] = 2,38$. Quá trình lên vành được thực hiện bằng chày hình trụ có đáy phẳng.

Bước 1: Xác định chiều cao lớn nhất của vành

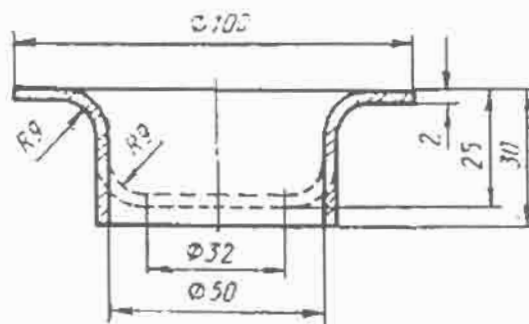
Theo công thức (5-6) chiều cao lớn nhất của vành khi đột lỗ:

$$h_{\max} = \frac{50(1 - 1/1,66) + 2,4 \times 2 + 0,9 \times 9}{2} = 16,4 \text{ mm}$$

Khi khoan lỗ là:

$$h_{\max} = \frac{50(1 - 1/2,38) + 2,4 \times 2 + 0,9 \times 9}{2} = 20,95 \approx 21 \text{ mm}$$

Vì $h_{\max} < 30$ mm (chiều cao vành yêu cầu) cho nên chỉ có thể nhận được chi tiết bằng phương pháp dập vuốt thành hình trụ có vành với đường kính phần hình trụ $d = 50$ mm, sau đó đột lỗ công nghệ và lên vành.



Hình 5.10. Chi tiết sau khi lên vành

Bước 2: Xác định chiều sâu của phần hình trụ

Theo công thức (5-7) chiều sâu phần hình trụ dập vuốt sẽ là:

$$h = 30 - 0,28 \times \frac{1,66 - 1}{1,66} \times 50 \approx 24,4 \text{ mm}$$

Lấy $h = 25 \text{ mm}$.

Bước 3: Xác định đường kính lỗ công nghệ khi $K_{lv} = 1,66$

$$d_0 = \frac{D + S}{K_{lv}} = \frac{50 + 2}{1,66} = 31,5 \text{ mm}$$

Lấy $d_0 = 32 \text{ mm}$, khi đó bán kính lượn ở đáy và ở vành (cối) của phần hình trụ sẽ là:

$$r_c = r_{ch} = \frac{50 - 32}{2} = 9 \text{ mm}$$

Bước 4: Xác định đường kính của phôi phẳng

Từ điều kiện cân bằng diện tích bề mặt giữa phôi và chi tiết (hình trụ có vành) ta có thể xác định được đường kính của phôi phẳng theo công thức sau:

$$\begin{aligned} D_0 &= \sqrt{D_V^2 + 4(d + S)h - 3,44(r + 1)(d + S)} \\ &= \sqrt{100^2 + 4 \times (50 + 2) \times 25 - 3,44 \times (9 + 1)(50 + 2)} = 116 \text{ mm} \end{aligned}$$

Đây là một chi tiết hình trụ có vành rộng vì tỷ số $D_V/D = 100/50 = 2 > 1,4$ do vậy công nghệ dập chi tiết bán thành phẩm phải tuân theo nguyên tắc dập vuốt chi tiết hình trụ có vành rộng.

Bước 5: Xác định số nguyên công dập vuốt

Với chiều dày tương đối của phôi $(S/D)100 = 1,72$ và $D_V/D = 2$ mức độ dập vuốt cho phép là $[K] = 2,38$. Theo số liệu tính toán trên, mức độ dập vuốt của chi tiết bán thành phẩm là:

$$K = \frac{116}{(50 + 2)} = 2,23 < [K]$$

Như vậy có thể kết luận là chi tiết bán thành phẩm chỉ cần dập vuốt sau một nguyên công.

Bước 6: Lực công nghệ ở các nguyên công

Lực cắt phôi $\phi 116 \times 2$ với $\sigma_C = 360 \text{ MPa}$:

$$P_{\text{cắt}} = 1,2 \times 3,14 \times 0,116 \times 0,002 \times 360 = 0,315 \text{ MN} = 315 \text{ kN}$$

Lực dập vuốt:

$$P_{\text{dv}} = 3,14 \times 0,052 \times 0,002 \times (2,23 - 1) \times 420 = 168,7 \text{ kN}$$

Lực đột lỗ công nghệ:

$$P_{\text{đột}} = 1,2 \times 3,14 \times 0,032 \times 0,002 \times 360 = 86,8 \text{ kN}$$

Lực lên vành:

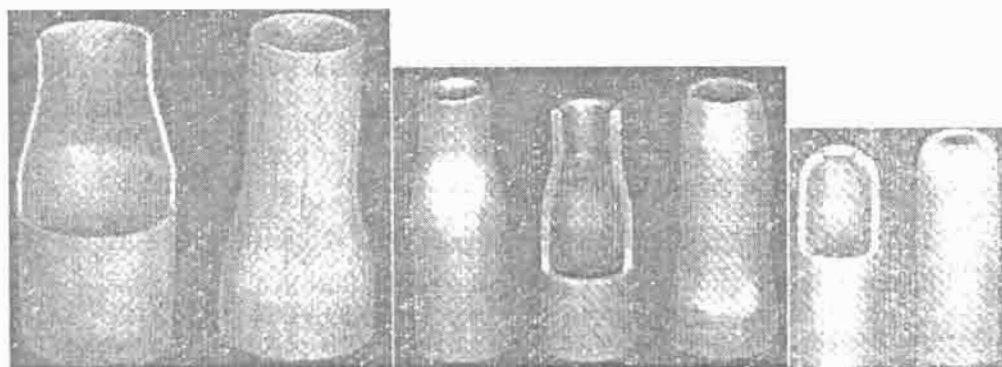
$$P_{\text{lv}} = 3,14 \times 0,05 \times 0,002 \times 420 \times (1 - 1/1,66) = 53 \text{ kN}$$

5.2. NGUYÊN CÔNG TÓP

5.2.1. Trạng thái ứng suất và biến dạng

Tóp là một nguyên công nhằm làm giảm tiết diện ngang của một đoạn phôi ống hoặc chi tiết hình trụ (sau khi dập vuốt) để tạo thành chi tiết dạng chai, lọ hoặc có tiết diện ngang thay đổi.

Đối với phôi dập vuốt hình trụ có đáy có thể tóp ở phần miệng hở hoặc ở phần đáy (hình 5.11).

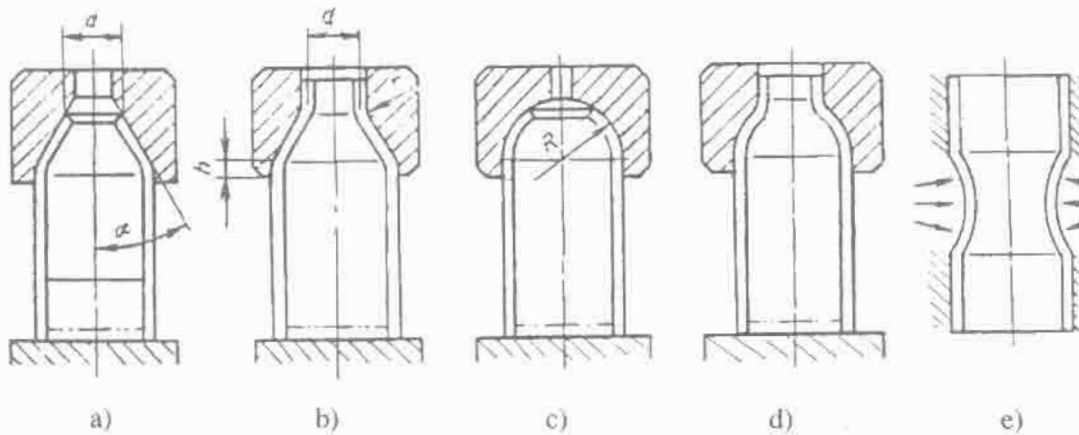


Hình 5.11. Các dạng chi tiết tóp.

Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, tóp thường được thực hiện trong những khuôn chuyên dùng mà chi tiết làm việc chính là cối côn. Tùy theo hình dạng yêu cầu của chi tiết (côn hoặc dạng vòm) người ta sử dụng các cối có bề mặt làm việc với những hình dạng khác nhau của đường sinh như: thẳng hoặc nghiêng với trục đối xứng hoặc là đường cong (hình 5.12).

Nếu quá trình tóp được thực hiện ở trạng thái tự do, không có chặn phôi từ bên ngoài và bên trong (hoặc chỉ từ bên ngoài) thì phần biến dạng dẻo chỉ nằm trong cối, phần còn lại bị biến dạng đàn hồi.

Nguyên công tóp có thể tạo ra những chi tiết dạng bị đóng hình trụ (trong số này có cả những bình khí nén hình cầu của máy bay); các dạng ống nối khác nhau; các loại vỏ đạn v.v... (hình 5.12).



Hình 5.12. Sơ đồ các dạng chi tiết nhận được bằng nguyên công tóp.

Ngoài ra nguyên công tóp phối hợp với các nguyên công khác trong dập tấm (chàng hạn như giãn rộng) còn có thể tạo ra được những chi tiết khác nhau từ phôi ống hàn như: các loại vòng cách của ổ lăn, các chi tiết vành bánh xe của các máy nông nghiệp...

Mức độ biến dạng khi tóp được đánh giá bằng hệ số tóp. Hệ số tóp $K_{tóp}$ là tỷ số giữa đường kính của phôi và đường kính của phần phôi bị biến dạng (theo đường kính trung bình):

$$K_{tóp} = D/d$$

trong đó: D - đường kính phôi;

d - đường kính tóp.

Khi tóp, bề mặt bên trong của ổ biến dạng không có tải trọng (hình 5.13a), còn ứng suất pháp σ_n (được truyền qua cối tác dụng vào mặt ngoài của phôi) thì nhỏ so với ứng suất chảy σ_s với những phôi có chiều dày thành tương đối mỏng. Vì vậy có thể coi rằng trạng thái ứng suất khi tóp là trạng thái ứng suất phẳng bao gồm 2 thành phần ứng suất nén không đều σ_p và σ_0 (hình 5.13a).

Khi tóp trạng thái biến dạng tại ổ biến dạng cũng không đồng nhất, nó thay đổi tùy thuộc vào tỷ số của các ứng suất pháp chính σ_p và σ_0 . Sơ đồ của trạng thái biến dạng khi tóp ở những phần khác nhau của phôi được chỉ ra trên hình 5.13a. Giữa các ứng suất pháp và biến dạng có quan hệ được xác định bởi công thức sau:

$$\varepsilon_n = (\sigma_p + \sigma_0)\varepsilon_0/(\sigma_p + 2\sigma_0) \quad (5-13)$$

Công thức này sẽ được sử dụng để tính toán công nghệ. Sử dụng công thức này chúng ta có thể xác định được chiều dày của thành chi tiết tại mép lỗ (miệng chi tiết). Vì tại mép lỗ $\sigma_p = 0$ nên:

$$\varepsilon_n = -\varepsilon_\theta/2 \quad (5-13a)$$

Vì ε_n và ε_θ có dấu ngược nhau và ε_θ đặc trưng cho biến dạng nén nên rõ ràng ε_n được coi là biến dạng kéo. Nếu biểu thị ε_n và ε_θ dưới dạng hàm số của các kích thước tương ứng của phôi tóp ta có:

$$\varepsilon_\theta = \ln(d/D) \text{ và } \varepsilon_n = \ln(S_K/S)$$

Thay các giá trị của ε_n và ε_θ vào (5-13a) ta có:

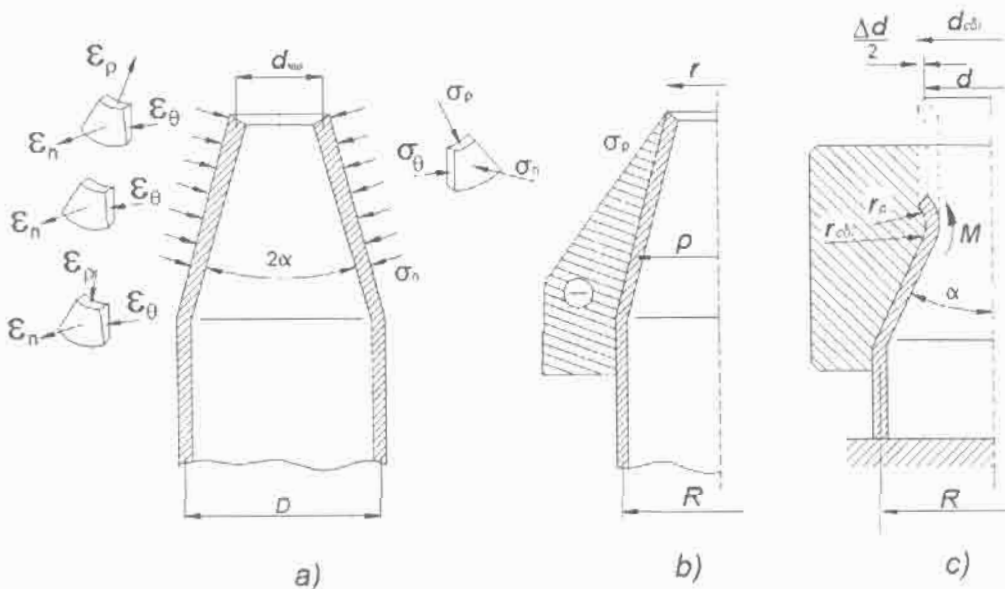
$$\ln \frac{S_K}{S} = \frac{1}{2} \ln \frac{D}{d}$$

Từ đó ta có chiều dày thành ở mép lỗ:

$$S_K = S \sqrt{\frac{D}{d}} = S \sqrt{K_{\text{tóp}}} \quad (5-14)$$

Từ công thức (5-14) chúng ta có thể suy ra rằng: chiều dày thành chi tiết ở mép lỗ của phần phôi bị biến dạng sẽ lớn hơn chiều dày thành của phôi ban đầu, và khi hệ số tóp $K_{\text{tóp}}$ càng lớn thì chiều dày S_K sẽ càng lớn. Để đơn giản, chúng ta có thể coi chiều dày thành tại ổ biến dạng thay đổi một cách tuyến tính, khi đó chiều dày thành trung bình của nó sẽ là:

$$S_{\text{tb}} = \frac{(S + S_K)}{2} = \frac{S + S \sqrt{K_{\text{tóp}}}}{2} = 0,5S(1 + \sqrt{K_{\text{tóp}}}) \quad (5-15)$$



Hình 5.13:

- a- sơ đồ trạng thái ứng suất-biến dạng khi tóp;
- b- biểu đồ phân bố ứng suất tại ổ biến dạng;
- c- sơ đồ tóp khi bán kính lượn của cối nhỏ.

Lĩnh vực sử dụng của công thức (5-14) bị hạn chế vì khi mức độ biến dạng lớn ($K_{tóp} > 2$) thì kết quả tính toán theo công thức này sẽ có giá trị S_K quá lớn, còn khi đường kính lỗ d dần tới 0 ($d \approx 0$) thì S_K sẽ tăng đến vô cùng. Sở dĩ như vậy là vì khi đưa ra công thức (5-14) chúng ta đã đơn giản hoá về sự tồn tại của sơ đồ trạng thái ứng suất đơn ở mép phôi ($\sigma_p = \sigma_n = 0$).

Khi mức độ biến dạng lớn và chiều dày tương đối của phôi lớn ($S/D > 0,1$) thì ứng suất pháp chính σ_n tác dụng theo hướng vuông góc với đường sinh của nó có thể quy ước trở thành ứng suất σ_0 tại vùng gần mép phôi và điều đó có ảnh hưởng đến đặc điểm của sự thay đổi chiều dày thành tại ổ biến dạng. Chiều dày thành cực đại được tạo ra không phải ở mép phôi mà ở cách mép phôi một chút. Khi $d/2 = S \cdot \cos \alpha$ phần mép của phôi đã được tóp sẽ tiếp xúc với nhau và thực tế không còn lỗ trên đó, chiều dày thành ở mép lỗ có thể xác định một cách gần đúng theo công thức:

$$S_K = S \sqrt{\frac{D}{2 \cdot e \cdot S \cdot \cos \alpha}} \quad (5-16)$$

trong đó: e - cơ số logarit tự nhiên.

Tính toán theo công thức (5-16) cho ta kết quả nhỏ hơn so với công thức (5-14) nhận được đối với sơ đồ trạng thái ứng suất đơn.

Ứng suất kinh tuyến lớn nhất tại ổ biến dạng dẻo: σ_{pmax} được xác định bằng phương pháp giải kết hợp các phương trình cân bằng và phương trình dẻo của phôi với những điều kiện biên đã cho mà theo điều kiện này tại mép phôi $\sigma_{pmax} = 0$. Áp dụng cho quá trình tóp trong cối hình côn, có tính đến sự hoá bền (khi sử dụng đồ thị hoá bền hàm số mũ); lực ma sát; sự biến dày ở phần mép phôi; sự uốn và ép nó vào trong cối; ứng suất σ_{pmax} có dạng:

$$\sigma_{pmax} = 1,1 \cdot \sigma_b / 2 \cdot \psi_K^{\psi_K / (1-\psi_K)} \cdot (1 - d/D)^{1/(1-\psi_K)} \cdot (1 + \mu \cot \alpha) \cdot (1 + \sqrt{D/d}) \cdot (3 - 2 \cos \alpha) \quad (5-17)$$

Cần chú ý rằng: sau khi tóp không có chặn phôi từ đa số những vật liệu được sử dụng trong chế tạo máy, đường kính của phôi thường giảm từ 20 ÷ 50%, khi tỷ số $D/d = 1,25 \div 2$.

Nếu lấy giá trị trung bình $D/d = 1,54$ thì hệ số để tính chiều dày trung bình của thành theo công thức (5-15) sẽ là:

$$0,5(1 + \sqrt{K_{tóp}}) = 0,5(1 + \sqrt{1,54}) = 1,12$$

$$S_{tb} = 1,12S$$

Thay vào công thức (5-17) ký hiệu $K_{tóp} = D/d$ và $(1 + \sqrt{K_{tóp}})/2 = 1,12$ ta có:

$$\sigma_{pmax} = \frac{1,23 \sigma_b}{\psi_K^{1-\psi_K}} \left(1 - \frac{1}{K_{tóp}}\right)^{\frac{1}{1-\psi_K}} (1 + \mu \cot \alpha) (3 - 2 \cos \alpha) \quad (5-17a)$$

Phân tích công thức (5-17a) có thể thấy rằng ứng suất nén kinh tuyến lớn nhất tại ổ

biến dạng dẻo sẽ tăng lên khi tăng mức độ biến dạng; ($\psi = 1 - 1/K_{tóp}$); hệ số ma sát μ và cường độ hoá bền của vật liệu phôi (đặc trưng bởi trị số ψ_K). Biểu đồ phân bố ứng suất được biểu diễn trên hình (5-13b). Nghiên cứu công thức (5-17a) về cực trị sau một số biến đổi có thể xác định rằng: góc nghiêng đường sinh của cối tó có giá trị tối ưu khi ứng suất kinh tuyến là nhỏ nhất. Góc tối ưu này được xác định theo công thức:

$$\sin \alpha_{tối\ ưu} = \sqrt[3]{\frac{\mu}{2}} \quad (5-18)$$

Theo công thức (5-18) khi $\mu = 0,1$ thì $\alpha_{tối\ ưu} = 21^0 36'$ còn khi $\mu = 0,05$ thì $\alpha_{tối\ ưu} = 17^0$.

Khi tó trong cối hình côn có lỗ trụ ở giữa tâm thì phần mép của phôi khi chuyển từ mặt côn vào bề mặt hình trụ sẽ bị uốn và sau đó do chui qua bề mặt này sẽ lại có bề mặt hình trụ, tức là lần lượt xảy ra quá trình uốn và nắn phần mép của phôi dưới tác dụng của mô men uốn.

Bán kính lượn mép làm việc của cối r_C có ảnh hưởng đến độ chính xác đường kính của phần phôi được tó (hình 5.13c). Sở dĩ như vậy là do bán kính uốn tự nhiên (phần mép của phôi) r_p có một trị số hoàn toàn xác định, tùy thuộc vào chiều dày và đường kính của phôi, cũng như phụ thuộc vào góc nghiêng của cối. Bán kính uốn tự nhiên của mép phôi, có thể xác định một cách gần đúng theo công thức:

$$r_p = \frac{\sqrt{DS_K}}{2 \sin \alpha}$$

Nếu bán kính lượn của cối $r_C < r_p$ thì các phần tử của phôi dịch chuyển từ phần hình côn của ổ biến dạng để tạo thành phần hình trụ sẽ không tiếp xúc với cối và đường kính của phần hình trụ sẽ giảm đi so với đường kính của cối ($d = d_C - \Delta d$) (hình 5.13c). Còn nếu $r_C \geq r_p$ thì sẽ không có hiện tượng trên và đường kính của phần hình trụ của chi tiết tó tương ứng với đường kính lỗ làm việc của cối. Do đó bán kính lượn mép làm việc của cối r_C cần phải đảm bảo không nhỏ hơn r_p :

$$r_C \geq \frac{\sqrt{DS_K}}{2 \sin \alpha} \quad (5-19)$$

Nếu điều kiện (5-19) vì một lý do nào đó (chẳng hạn vì lý do kết cấu) mà không thể thực hiện được, thì đường kính của lỗ cối cần phải tăng lên, khi đó Δd được xác định theo công thức:

$$\Delta d = \left(\frac{\sqrt{DS}}{\sin \alpha} - 2r_C - S \right) \cdot (1 - \cos \alpha) \quad (5-20)$$

5.2.2. Lực và công biến dạng

Lực tó có thể xác định một cách gần đúng bằng tích số giữa diện tích tiết diện ngang của phôi với giới hạn bền của vật liệu:

$$P_{tóp} = \pi \cdot D \cdot S \cdot \sigma_b \quad (5-21)$$

Công thức (5-21) để xác định một cách gần đúng với kết quả lớn hơn lực tốp thực tế để có thể chọn máy ép theo lực.

Lực tốp có thể xác định một cách chính xác hơn bằng tích số giữa ứng suất cực đại tại ổ biến dạng, tác dụng theo hướng trục, với diện tích tiết diện ngang của phôi và với hệ số K.

$$P_{tóp} = K \cdot \pi \cdot D \cdot S \cdot \sigma_{p\max} \quad (5-22)$$

Khi tốp trong cối hình côn theo sơ đồ hình 5.12a để xác định lực tốp, người ta thường sử dụng công thức (5-22). Khi tốp theo sơ đồ 5.12b, chi tiết tốp có một đoạn hình trụ, lực tốp cũng được tính theo công thức (5-22), chỉ khác là ứng suất $\sigma_{p\max}$ cần phải bổ sung số hạng $\sqrt{S/d} \cdot \sin \alpha$ tính đến sự ảnh hưởng của các ứng suất phụ do sự uốn và nắn phần mép của phôi khi ra khỏi ổ biến dạng hình côn gây ra. Trong trường hợp này công thức để xác định lực tốp có dạng.

$$P_{tóp} = \left[\frac{3,7DS\sigma_b}{\psi_K^{1-\psi_K}} \right] \left[\left(1 - \frac{1}{K_{tóp}} \right)^{\frac{1}{1-\psi_K}} (1 + \mu \cot g \alpha) + \sqrt{\frac{S}{d}} \sin \alpha \right] (3 - 2 \cos \alpha) \quad (5-23)$$

Ưu điểm của công thức (5-22) và (5-23) so với công thức (5-21) là chúng cho phép xác định đặc điểm và mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đến lực tốp.

Trong quá trình tốp lực biến dạng luôn thay đổi. Ở giai đoạn đầu lực tốp tăng nhanh cho đến khi phần mép của phôi chui vào phần hình trụ của cối có đường kính d, sau đó ở giai đoạn ổn định lực tốp hầu như không thay đổi cho đến khi kết thúc quá trình. Do đó công biến dạng có thể coi như bằng tổng của hai số hạng: công A_1 tiêu hao ở giai đoạn biến dạng phần hình côn của chi tiết và công A_2 tiêu hao ở giai đoạn sau quá trình:

$$A = A_1 + A_2.$$

Công biến dạng, dưới dạng tổng quát có thể được xác định theo công thức.

$$A_1 = \int_0^H P_X dh = K \pi D S \int_0^H \sigma_{p\max} dh \quad (5-24)$$

trong đó: P_X - lực biến dạng tại thời điểm đang xét;

dh - hành trình phân tố của cối tốp;

H - hành trình của cối cần thiết để nhận được phần hình côn của chi tiết tốp;

K - hệ số.

Nếu giả sử khi tốp sự tăng dày của phần thành ($K_{tóp} = 2 + 1,54$) sẽ làm tăng ứng suất nén hướng kính trung bình 15%, thì công thức để xác định $\sigma_{p\max}$ không tính đến sự hoá bền có dạng:

$$\sigma_{p\max} = 1,15 K \sigma_s \left(1 - \frac{d_x}{D} \right) (1 + \mu \cot g \alpha) (3 - 2 \cos \alpha) \quad (5-25)$$

Từ điều kiện cân bằng diện tích bề mặt giữa phổi và chi tiết chúng ta có thể nhận được:

$$d_x = \sqrt{D(D - 4H \sin \alpha)} \quad (5-26)$$

Phối hợp các biểu thức (5-24); (5-25) và (5-26) sau khi lấy tích phân chúng ta nhận được công thức để xác định công biến dạng:

$$A_1 = K\pi D\sigma_S (1 + \mu \cot \alpha) (3 - 2\cos \alpha) H \left(1 - \frac{D\sqrt{D} - \sqrt{(D - 4H \sin \alpha)^3}}{6\sqrt{D} \sin \alpha} \right) \quad (5-27)$$

Công thức (5-27) cho phép xác định công biến dạng theo hành trình của cối và xây dựng quan hệ $P = fP(H)$.

Nếu giả thiết rằng: lực tóp ở giai đoạn đầu của quá trình thay đổi tuyến tính còn ở giai đoạn ổn định thì hầu như không đổi, khi đó công tổng cộng để biến dạng sẽ là:

$$A = A_1 + A_2 = 0,5 \cdot P \cdot H_k + P \cdot h = P \cdot (0,5H_k + h) \quad (5-28)$$

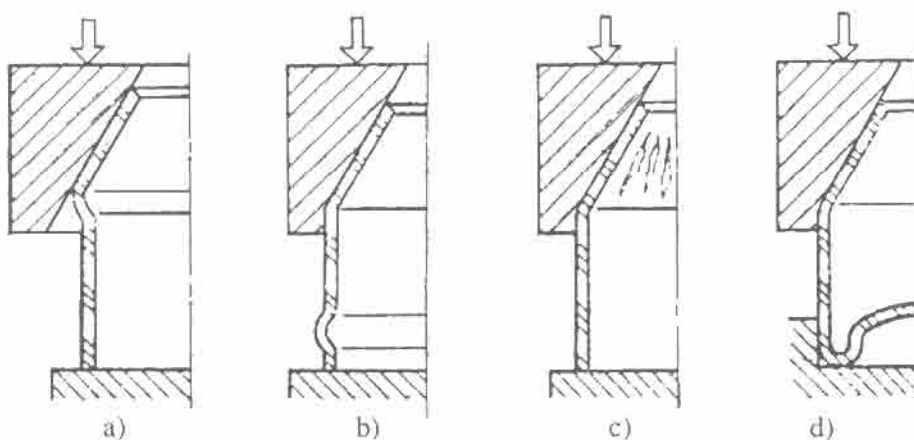
trong đó: H_k - chiều cao phần hình côn của chi tiết;

h - chiều cao phần hình trụ khi tóp (đường kính d).

Tính toán theo công thức (5-27) và (5-28) khi xác định A_1 sẽ cho sự sai lệch $10 \div 15\%$.

5.2.3. Hệ số tóp cho phép

Quá trình tóp được thực hiện trong điều kiện sự nén không đều theo hướng trục và hướng tiếp tuyến. Với một giá trị tới hạn nhất định của các ứng suất nén σ_p và σ_θ thường xảy ra sự mất ổn định cục bộ phổi (bị phình ra); bị mỏng hoặc đa số trường hợp bị nhăn. Thực nghiệm đã xác định được rằng: với chiều dày tương đối của thành $\frac{S}{D} 100 > 2 \div 3$ thường tạo thành các nếp gấp ngang (các vòng gân) tại chỗ chuyển tiếp giữa phần trụ và phần côn (hình 5.14a) hoặc ở bề mặt tựa của nó (hình 5.14b). Khi $\frac{S}{D} 100 < 2 \div 3$ thường xảy



Hình 5.14. Các dạng mất ổn định cục bộ phổi.

ra những vết nhăn dọc theo đường sinh tại vùng biến dạng dẻo (hình 5.14c). Khi tóp phôi có đáy và bị hạn chế ở mặt ngoài hình trụ của đáy thì phần đáy của nó biến dạng dẻo và chảy ngược về phía cối tóp (hình 5.14d). Vì vậy, mức độ biến dạng tới hạn khi tóp và cả trị số của hệ số tóp giới hạn đều được xác định bởi sự mất ổn định cục bộ của phôi.

Hệ số tóp giới hạn có thể xác định một cách gần đúng theo lý thuyết từ điều kiện ổn định của phôi, tức là khi đó:

$$\sigma_{pmax} \leq \sigma_{tới hạn} \quad (5-29)$$

trong đó: $\sigma_{tới hạn}$ - ứng suất tới hạn là trị số ứng suất gây ra sự mất ổn định phôi.

Từ phương trình (5-17a) ta có:

$$\frac{1,23\sigma_b}{\frac{\psi_K}{\psi_K^{1-\psi_K}}} \left(1 - \frac{1}{K_{tóp}}\right)^{\frac{1}{1-\psi_K}} (1 + \mu \cot g \alpha) (3 - 2 \cos \alpha) \leq \sigma_{tới hạn} \quad (5-30)$$

Giải phương trình trên đối với $K_{tóp}$ và kết hợp với điều kiện (5-29) chúng ta sẽ nhận được hệ số tóp tới hạn:

$$K_{tópgh} = \frac{1}{1 - \left[\frac{0,81\sigma_{tới hạn} \frac{\psi_K}{\psi_K^{1-\psi_K}}}{\sigma_b (1 + \mu \cot g \alpha) (3 - 2 \cos \alpha)} \right]^{(1-\psi_K)}} \quad (5-31)$$

Một cách chính xác hơn, nếu tính đến sự ảnh hưởng của chiều dày tương đối của phôi, ứng suất tới hạn: $\sigma_{tới hạn}$ có thể xác định trên cơ sở lý thuyết về sự ổn định áp dụng cho quá trình nén những ống mỏng và ngắn sau giới hạn của biến dạng đàn hồi:

$$\sigma_{tới hạn} = \frac{4}{3} E_C \frac{S}{D} \quad (5-32)$$

trong đó: E_C - môđun cát tuyến có trị số bằng tang của góc nghiêng đường thẳng nối từ gốc toạ độ đến điểm nằm trên đồ thị kéo trong hệ trục toạ độ “ σ - δ ”.

Nếu biết được giá trị của E_C chúng ta có thể xác định được giá trị tới hạn tương ứng của S/D đối với một loạt các điểm được lấy tùy ý trên đồ thị “ σ - δ ” và sau đó từ công thức (5-32) chúng ta có thể xây dựng được đường cong quan hệ giữa $\sigma_{tới hạn}$ và S/D .

Nghiên cứu công thức (5-31) cho phép chúng ta xác định được những đặc trưng sự ảnh hưởng của các yếu tố cơ bản đến giá trị của hệ số tóp giới hạn: $K_{tópgh}$. Khi tăng chiều dày tương đối của phôi, giá trị của $K_{tópgh}$ cũng tăng lên. Còn khi tăng độ co thắt tỷ đối khi kéo ψ_K (đặc trưng cho cường độ hoá bền vật liệu); tăng giới hạn $\sigma_{bền}$ và hệ số ma sát tiếp xúc μ , giá trị của $K_{tóp}$ bị giảm đi.

Sự không đồng đều về tính chất cơ học của phôi theo hướng trục do sự hoá bền không

đều, có ảnh hưởng đến mức độ nén cho phép. Sự không đồng đều này thường có ở những phôi được dập vuốt nguội. Trở lực biến dạng tại vùng tóp càng nhỏ và ứng suất tối hạn tại vùng phình ra càng lớn thì biến dạng giới hạn cho phép càng lớn. Vì vậy khi chế tạo các chi tiết ống nối bằng thép và đồng thau, người ta phải dự tính trước nguyên công ủ phần miệng lỗ, làm cho phần mép lỗ của chi tiết bị mềm đi và giới hạn biến dạng tăng lên.

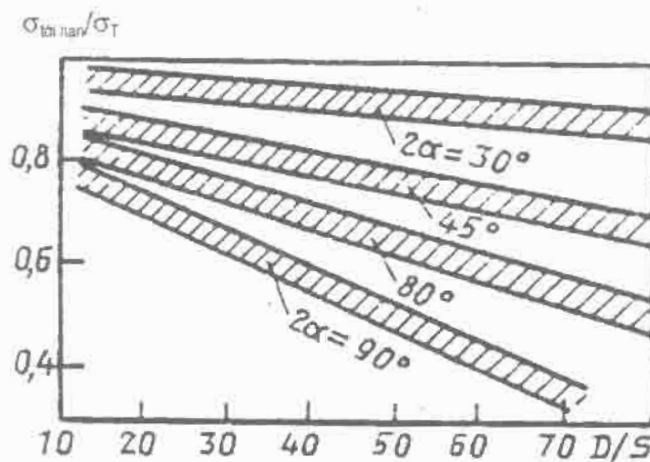
Ứng suất tối hạn σ_{th} có thể được xác định theo công thức thực nghiệm sau:

$$\sigma_{th} = \varphi_{ổn định} \cdot \sigma_T \quad (5-33)$$

trong đó: $\varphi_{ổn định}$ - hệ số an toàn ổn định;

σ_T - giới hạn chảy của vật liệu phôi.

Để xác định hệ số an toàn ổn định, người ta sử dụng những số liệu thực nghiệm, khi tóp trong cối hình côn đối với phôi tương đối ngắn (có chiều cao bằng $1,5 \div 2$ lần đường kính) cho đến khi xuất hiện sự phình ra của phôi. Có thể xác định được rằng hệ số ổn định $\varphi_{ổn định}$ sẽ bị giảm đi khi tăng đường kính tương đối của phôi (D/S) và góc nghiêng α của cối (hình 5.15). Khi $D/S = 20$ và $2\alpha = 30^\circ$ thì hệ số ổn định đối với phôi thép gần bằng 1 và do đó $\sigma_{tối hạn} = \sigma_T$.



Hình 5.15. Sự phụ thuộc của hệ số ổn định $\varphi_{ổn định}$ vào đường kính tương đối của phôi D/S .

Nếu tính đến công thức (5-33) và coi $\psi_K = \frac{\varepsilon_K}{1 + \varepsilon_K} = 1 - e^{-n}$ thì công thức để xác định

hệ số tóp giới hạn sẽ là:

$$K_{tópgh} = 1 : \left\{ 1 - \left[\frac{0,81 \varphi_{ổn định} \sigma_T (1 - e^{-n})^{e^n - 1}}{\sigma_b (1 + \mu \cot g \alpha) (3 - 2 \cos \alpha)} \right]^{e^{-n}} \right\} \quad (5-34)$$

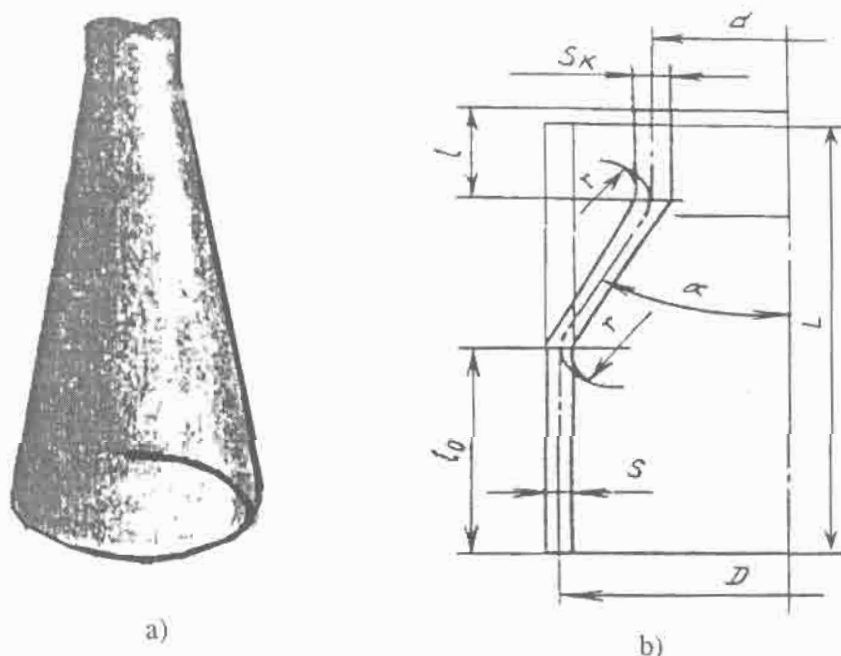
Khi tính toán theo công thức (5-34) có thể thấy rằng: với $\sigma_T = 300$ MPa; $\sigma_b = 400$ MPa; $\alpha = 15^\circ$; $\varepsilon_K = 0,25$; $n = \ln(1 + 0,25) = 0,223$; $\mu = 0,1$ và $\varphi_{\text{ổn định}} = 0,9$ thì hệ số tập giới hạn sẽ là $K_{\text{tậpgh}} = 1,49$; trị số này nhỏ hơn $10 \div 15\%$ so với số liệu thực nghiệm.

Nhược điểm của công thức (5-34) là nó không tính đến sự ảnh hưởng của đường kính tương đối của phôi D/S đến $K_{\text{tập}}$. Sự ảnh hưởng này được tính một cách gián tiếp thông qua hệ số $\varphi_{\text{ổn định}}$ do hệ số ổn định phụ thuộc vào đường kính tương đối D/S. Tuy nhiên quan hệ giữa $\varphi_{\text{ổn định}}$ và D/S dưới dạng một hàm số là không xác định được.

Hệ số tập tính toán giới hạn nghĩa là với giá trị của hệ số đó, khi tập phôi sẽ không có khuyết tật cục bộ nào và sự sai lệch về kích thước danh nghĩa nằm trong giới hạn cho phép. Để có sự an toàn chắc chắn cho độ ổn định của phôi, có tính đến những khuyết tật của phôi thực tế (những vết lõm, sự không đều chiều dày thành, độ ô van của tiết diện ngang v.v...) thì giá trị tính toán của $K_{\text{tậpgh}}$ cần phải giảm đi từ $10 \div 15\%$; nghĩa là:

$$[K_{\text{tậpgh}}] = \frac{K_{\text{tậpgh}}}{1,1 \div 1,15} \quad (5-35)$$

Hệ số tập giới hạn cho phép có thể xác định bằng phương pháp tính toán như trên hoặc có thể xác định trên cơ sở các số liệu thực nghiệm. Trong các tài liệu kỹ thuật chuyên ngành thường có các bảng và đồ thị để xác định hệ số tập giới hạn cho phép dưới dạng hàm số các yếu tố cơ bản có ảnh hưởng đến giá trị của nó.



Hình 5.16: a- Các tai ở phần mép của phôi tập;
b- Sơ đồ xác định kích thước phôi tập.

Hệ số tóp giới hạn cũng như độ chính xác kích thước của chi tiết tóp phụ thuộc vào tính dị hướng của vật liệu phôi. Khi tăng hệ số dị hướng thông thường R^* thì hệ số tóp giới hạn $K_{tóp\ gh}$ cũng tăng lên, bởi vì khi đó trở lực biến dạng của phần thành phôi cũng tăng lên do sự biến dày và phình ra của phôi. Do tính dị hướng phẳng nên khi tóp (cũng giống như khi dập vuốt) thường tạo ra những "tai" ở phần mép của phôi tóp, do vậy cần phải tiến hành cắt mép sau khi tóp để cắt bỏ phần mép không đều của chi tiết. Điều đó làm tăng phế liệu kim loại (hình 5.16a). Tính dị hướng còn gây ra sự không đồng đều về chiều dày giữa phần đỉnh và phần chân của "tai"; độ oval của phần trụ cũng như gây ra sự không đồng đều về khả năng chống lại tác động của môi trường bên ngoài tới vật liệu phôi (chẳng hạn như sự ôxi hoá). Để nhận được mức độ biến dạng cao khi tóp và tránh được những khuyết tật trên thì hệ số dị hướng thông thường R^* theo hướng dọc của phôi cần phải lớn hơn hệ số dị hướng theo hướng vòng (tiếp tuyến) của nó và trị số của hệ số dị hướng cần phải lớn hơn 1.

5.2.4. Kích thước của phôi tóp

Để xác định kích thước của phôi tóp, chúng ta có thể dựa vào điều kiện thể tích không đổi để xác định chiều dài L của phôi, còn đường kính và chiều dày của thành phôi được lấy bằng đường kính và chiều dày thành của phần chi tiết không bị tóp D và S (hình 5.16b).

Phần hình côn và phần hình trụ của chi tiết sau khi tóp có sự tăng dày phần thành. Nếu chúng ta coi chiều dày thành phần hình côn thay đổi từ S đến S_K theo quy luật tuyến tính, còn chiều dày S_K tương ứng được tính theo công thức (5-14) thì công thức để xác định chiều dài phôi L như sau:

❖ Khi tóp theo hình 5.12a phần mép phôi không vào hết phần côn của cối:

$$L = l_0 + \frac{d + D - 2r(1 - \cos \alpha)}{4D} \left(\frac{D - d}{2 \sin \alpha} - r \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) \left(1 + \sqrt{\frac{D}{d}} \right) + \frac{\pi r \alpha}{180} \quad (5-36)$$

❖ Khi tóp theo sơ đồ ở hình 5.12b, phần mép phôi qua hết phần côn của cối và tạo thành phần hình trụ có đường kính d :

$$L = l_0 + l \sqrt{\frac{D}{d}} + \left(1 + \frac{d}{D} \right) \left[\frac{1}{4} \left(1 + \sqrt{\frac{D}{d}} \right) \left(\frac{D - d}{2 \sin \alpha} - 2r \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) \right] + \frac{\pi r \alpha}{180} \quad (5-37)$$

Khi đưa ra các công thức (5-36) và (5-37) chúng ta đã coi các bán kính uốn r của phôi khi vào và ra khỏi phần côn của cối là bằng nhau và có giá trị được tính theo công thức (5-14).

5.2.5. Các đặc điểm kết cấu của khuôn

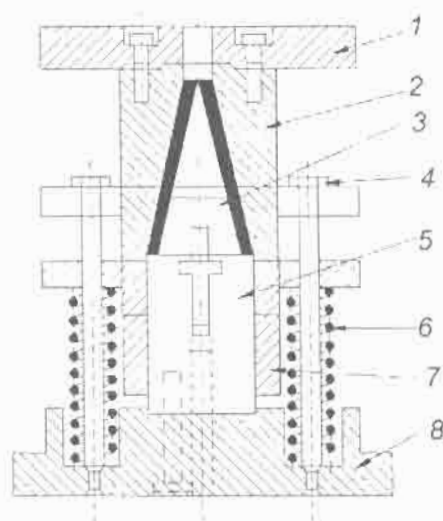
Kết cấu của khuôn tóp có thể thay đổi tùy theo mức độ yêu cầu của quá trình biến dạng. Nếu mức độ biến dạng gần tới giá trị giới hạn thì có thể xảy ra sự mất ổn định cục bộ dưới dạng nếp gấp ở bề mặt tựa của phôi. Trong trường hợp này cần phải sử dụng khuôn nửa kín, có phần tử đối áp truyền vào phần hình trụ của phôi bởi một bạc cố định được kẹp chặt vào đế dưới của khuôn.

Với mức độ nén lớn, khi đó hệ số tóp lớn hơn giới hạn cho phép, người ta có thể sử dụng kết cấu khuôn kín có bạc trượt để tạo ra đối áp trên toàn bộ chiều cao của phôi. Việc sử dụng kết cấu khuôn như vậy sẽ loại trừ được khả năng tạo thành những nếp gấp (nhăn) ở bề mặt tựa. Sơ đồ kết cấu khuôn được chỉ ra trên hình 5.17. Khi tóp các phôi có chiều dày tương đối của thành $S/D > 0,3$ trong khuôn kín, thì có thể nhận được mức độ biến dạng đến $70 \div 80\%$.

Bán thành phẩm được chế tạo bằng phương pháp tóp từ phôi ống thép có chiều dày tương đối $S/D = 0,12$ sau một nguyên công trong khuôn kín như đã chỉ ra trên hình 5.16a.

Chúng ta đã khảo sát quá trình tóp trong cối hình côn. Nếu phải chế tạo những chi tiết có dạng vòm cong (như trên hình 5.12c, d) thì quá trình tóp cần phải thực hiện trong cối có đường sinh cong với độ cong thay đổi. Quá trình tóp trong các cối cong cũng đã được nghiên cứu khá đầy đủ, các công thức tính toán để xác định các thông số công nghệ được đưa ra trong các tài liệu khoa học và kỹ thuật khác mà chúng ta không đưa ra ở đây.

Ngoài quá trình tóp theo hướng trục phôi (tóp dọc trục) người ta còn sử dụng quá trình tóp ngang để tạo thành các ống có tiết diện thay đổi (hình 5.12c). Quá trình tóp này thường được thực hiện bằng xung lực của từ trường.



Hình 5.17. Kết cấu khuôn kín để tóp:
1- đế trên; 2- cối tóp; 3- định vị phôi;
4- bulông tựa; 5- trục tựa; 6- lò xo;
7- bạc trượt; 8- đế dưới.

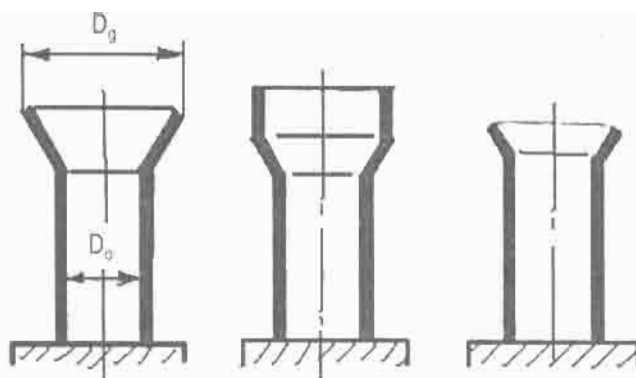
5.3. NGUYÊN CÔNG GIÃN RỘNG (NONG)

Giãn rộng là một nguyên công nhằm làm tăng kích thước tiết diện ngang của một đoạn phôi rỗng hình trụ (hình 5.18).

Trong quá trình giãn rộng xảy ra sự giảm chiều dày thành và độ dài đường sinh của phôi tại vùng biến dạng dẻo là vùng có sự tăng kích thước ngang.

5.3.1. Trạng thái ứng suất và biến dạng

Trong quá trình giãn rộng tại ổ biến dạng sẽ xuất hiện những ứng suất kéo tiếp tuyến và ứng suất nén hướng kính. Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, nguyên công giãn rộng được thực hiện trong những khuôn chuyên dùng, bộ phận làm việc chủ yếu là một chày cứng có sự tăng dần kích thước tiết diện ngang. Chày để giãn rộng sẽ được ép vào trong phôi là những đoạn ống hoặc hình trụ có đáy sau khi dập vuốt hoặc là những vòng ống hàn nhằm làm biến dạng dẻo một đoạn phôi để nhận được chi tiết có tiết diện ngang thay đổi như ống nối (hình 5.18).



Hình 5.18. Các chi tiết được chế tạo bằng phương pháp giãn rộng.

Sự thay đổi hình dạng của phôi được đánh giá bằng hệ số giãn rộng: là tỷ số giữa đường kính lớn nhất của phần bị biến dạng D_g và đường kính phôi ban đầu D_0 :

$$K_{\text{giãn rộng}} = D_g/D_0.$$

Giãn rộng là một nguyên công được sử dụng để chế tạo nhiều loại chi tiết khác nhau có tiết diện ngang thay đổi. Phối hợp với nguyên công tóp còn có thể chế tạo được các vòng cách của ổ lăn từ những phôi ống thép hàn, các vành bánh xe của các máy nông nghiệp và nhiều loại chi tiết vỏ khác nhau v.v...

Để thấy được ưu điểm việc sử dụng các nguyên công tóp và giãn rộng chúng ta hãy khảo sát một ví dụ được chỉ ra trên hình 5.19. Đó là hai phương án dập vành bánh xe của máy nông nghiệp. Một phương án được dập vuốt từ phôi phẳng hình tròn, một phương án được tóp và giãn rộng từ vành phôi hàn. Phương án tóp và giãn rộng rõ ràng tiết kiệm được nhiều kim loại và đem lại hiệu quả kinh tế cao hơn.

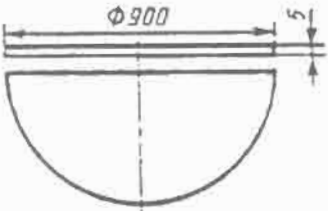

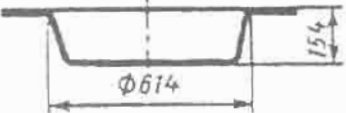
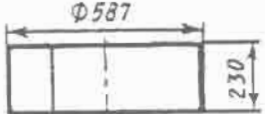
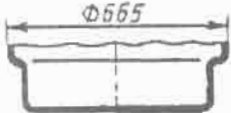
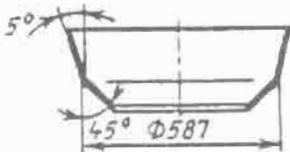
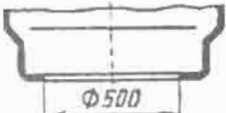


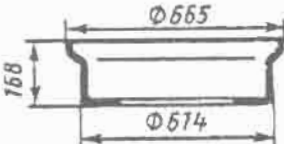

Khi giãn rộng, vùng biến dạng dẻo bao trùm phần phôi có tiết diện ngang thay đổi. Phần hình trụ của nó bị biến dạng đàn hồi. Phần bên ngoài của phôi không chịu tác dụng của ngoại lực, còn áp lực riêng được truyền qua chày vào phần bên trong của phôi thì nhỏ hơn so với ứng suất chảy khi chiều dày tương đối của thành phôi nhỏ. Vì vậy có thể coi trạng thái ứng suất khi giãn rộng cũng giống như khi tóp là trạng thái ứng suất phẳng bao gồm các ứng suất nén theo hướng trục và theo hướng tiếp tuyến σ_p và σ_θ (hình 5.20a). Trạng thái biến dạng khi giãn rộng không giống nhau trong vùng biến dạng.

Cũng giống như khi tóp, trạng thái biến dạng khi giãn rộng sẽ thay đổi tùy thuộc vào tỷ số của các thành phần ứng suất σ_p và σ_θ . Tại điểm có ứng suất σ_p và σ_θ bằng nhau về giá trị tuyệt đối, chiều dày của phôi trong quá trình biến dạng sẽ không thay đổi và trạng thái biến dạng là phẳng. Ở những phần còn lại của phôi trạng thái biến dạng là khối: ở những chỗ có $|\sigma_p| > |\sigma_\theta|$ xảy ra sự biến dày phần thành còn $|\sigma_p| < |\sigma_\theta|$ thì phần thành bị biến mỏng. Vùng có sự biến dày phần thành nhỏ hơn so với vùng bị biến mỏng. Vì thế một cách gần

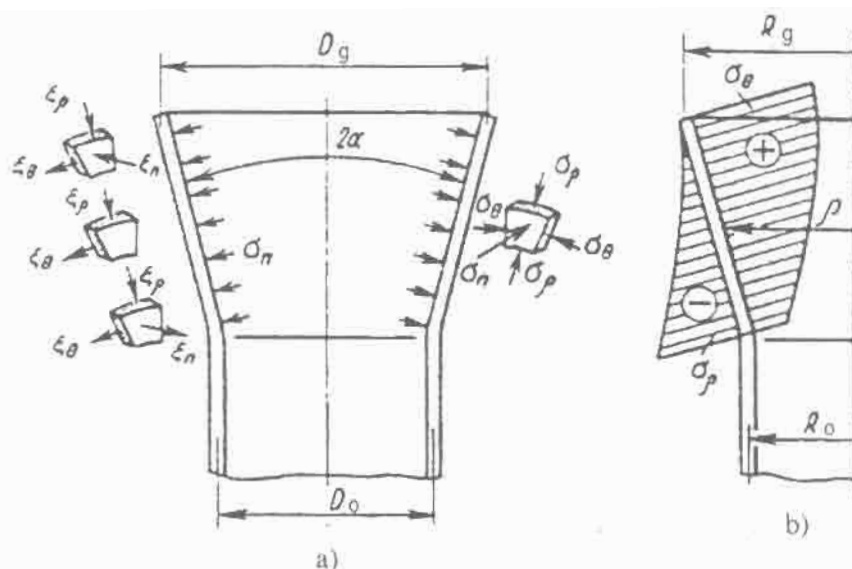
đúng có thể coi tại ổ biến dạng khi giãn rộng phần thành phôi chỉ có bị biến mỏng. Chiều dày nhỏ nhất của phôi sau khi giãn rộng là tại phần mép trên cùng của chi tiết và được xác định theo công thức:

$$S_K = S \sqrt{\frac{D_0}{D_g}} = \frac{S}{\sqrt{K_{\text{giãn rộng}}}} \quad (5-38)$$

Từ công thức (5-38) có thể thấy rằng sự biến mỏng thành tại mép phôi sẽ càng lớn nếu như hệ số giãn rộng $K_{\text{giãn rộng}}$ càng lớn.

QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ CHẾ TẠO VÀNH BÁNH XE	
Phương án 1: Phôi hình tròn	Phương án 2: Phôi dài
Cắt phôi 	Cắt phôi 
Dập vuốt 	Uốn và hàn 
Tạo hình mép 	Tóp và giãn 
Đột lỗ đáy 	Tóp và giãn lần 2 
Cắt mép 	Tạo hình mép 
	Đột lỗ đáy 
Mức tiêu hao vật liệu	
54,9 kg	39,9 kg

Hình 5.19. Các phương án chế tạo vành bánh xe.



Hình 5.20. Sơ đồ trạng thái ứng suất và biến dạng khí giãn rộng (a) và biểu đồ ứng suất (b).

Sự phân bố ứng suất σ_p và σ_θ tại ổ biến dạng dẻo có thể xác định bằng phương pháp kết hợp giải các phương trình cân bằng và phương trình dẻo của phôi với việc sử dụng một số các giả thiết. Công thức để xác định ứng suất nén hướng kính có dạng sau:

$$\sigma_p = -\beta\sigma_s \left(1 + \frac{\lg \alpha}{\mu} \right) \left[1 - \left(\frac{2\rho}{D_g} \right)^{\frac{\mu}{\lg \alpha}} \right] \quad (5-39)$$

trong đó:

ρ - bán kính mặt cắt ngang của phôi trong vùng biến dạng dẻo tại thời điểm đang xét.

Khi $\rho = D_0/2$ thì ứng suất nén hướng kính đạt giá trị cực đại:

$$\sigma_{p\max} = -\beta\sigma_s \left(1 + \frac{\lg \alpha}{\mu} \right) \left[1 - \left(\frac{D_0}{D_g} \right)^{\frac{\mu}{\lg \alpha}} \right] \quad (5-40)$$

Nếu số hạng thứ hai $1 - \left(\frac{D_0}{D_g} \right)^{\frac{\mu}{\lg \alpha}}$ được khai triển thành chuỗi hai lần (lần đầu khai

triển thành hàm số mũ và sau đó khai triển thành hàm số logarit) và tính đến sự tăng của ứng suất hướng kính do phôi bị uốn khi vào phần côn của chày bằng số hạng $(3 - 2\cos\alpha)$, sau khi biến đổi ta có:

$$\sigma_{\rho \max} = -\beta \sigma_s \left(\frac{\mu}{\operatorname{tg} \alpha} + 1 \right) \left(\frac{D_g}{D_0} - 1 \right) (3 - 2 \cos \alpha) \quad (5-40a)$$

Nếu tính đến sự biến mỏng thành trung bình tại ổ biến dạng bằng cách đưa vào trong công thức (5-40a) một thừa số $0,5 \left(1 + \sqrt{\frac{D_0}{D_g}} \right)$ và coi ứng suất chảy trung bình

$\sigma_{S(tb)} = 0,5 \sigma_b \left(1 + \frac{D_g}{D_0} \right)$ tương ứng với mức độ biến dạng trung bình, cùng với việc sử dụng đồ thị hoá bền loại 1, thì công thức (5-40a) có dạng sau:

$$\sigma_{\rho \max} = -0,25 \beta \sigma_b \left(\frac{D_g^2}{D_0^2} - 1 \right) \left(\frac{\mu}{\operatorname{tg} \alpha} + 1 \right) \left(1 + \sqrt{\frac{D_0}{D_g}} \right) (3 - 2 \cos \alpha) \quad (5-41)$$

Công thức (5-41) được áp dụng cho trường hợp khi đường kính lớn nhất của phần bị biến dạng của phôi không vượt quá đường kính phần hình trụ của chày ($D_g < D_{ch}$) (hình 5.20a).

Nếu như khi giãn rộng phôi có sự dịch chuyển dọc theo phần hình trụ của chày thì khi xác định $\sigma_{\rho \max}$ cần phải bổ sung vào một lượng tăng ứng suất hướng kính do có một phần phôi bị uốn và phần mép phôi bị nắn thẳng.

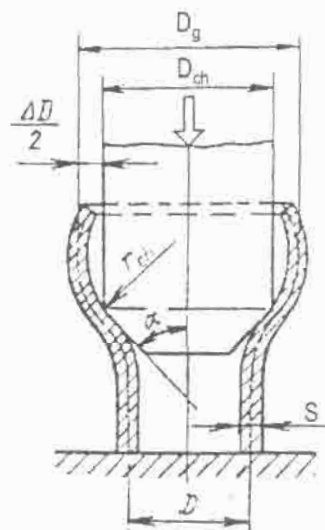
Nếu tính đến những yếu tố đó và sau khi đơn giản ta có:

$$\sigma_{\rho \max} = -0,25 \sigma_b \left(\frac{D_g}{D_0} + 1 \right) \left[\left(\frac{D_g}{D_0} - 1 \right) \left(\frac{\mu}{\operatorname{tg} \alpha} + 1 \right) + 2 \sqrt{\frac{S}{D_0}} \sin \alpha \right] \times \left(1 + \sqrt{\frac{D_0}{D_g}} \right) (3 - 2 \cos \alpha) \quad (5-42)$$

Trong công thức (5-42) lượng tăng ứng suất hướng kính do uốn và nắn phần mép của phôi khi ra khỏi ổ biến dạng được tính đến bởi hệ số $2\sqrt{S/D_0} \sin \alpha$. Các công thức (5-41) và (5-42) cho phép xác định sự ảnh hưởng của các yếu tố đến σ_ρ và σ_θ khi phân tích từng số hạng; cũng như có thể xây dựng được biểu đồ phân bố của những ứng suất này tại ổ biến dạng dẹt (hình 5.20b).

Khi có sự dịch chuyển dọc phôi theo phần hình trụ của chày với bán kính lượn ở mép làm việc nhỏ (r_{ch} nhỏ) thì có thể gây ra sự không tiếp xúc giữa chày và phôi. Phôi có thể bị uốn cong và có dạng tang trống (hình 5.21).

Sở dĩ phôi bị uốn cong là do với chiều rộng xác định của mép phôi cùng với phần hình côn của chày sẽ



Hình 5.21. Quá trình giãn rộng với mép làm việc của chày có bán kính lượn nhỏ.

tạo ra mômen uốn bởi lực tiếp tuyến, nó tăng đến mức làm cho phần mép của phôi bị uốn cong trong mặt phẳng kinh tuyến. Khi phôi trượt vào chày sâu hơn thì đường kính phần mép của nó bị giảm đi là vì ở các phần tử của phôi bắt đầu có sự tác dụng của ứng suất tiếp tuyến σ_θ với sự đổi dấu ngược lại (chúng trở thành ứng suất nén); những ứng suất nén tiếp tuyến này sẽ tăng lên cho đến khi có sự xuất hiện những lực không tạo ra mômen uốn mà là để nắn thẳng phần mép cong của phôi. Sau khi quá trình uốn và nắn thẳng phần mép của phôi kết thúc thì lực biến dạng trở lên ổn định.

Độ tăng đường kính của phôi khi giãn rộng ΔD_g (là do sự uốn phần mép của phôi) có thể xác định theo công thức:

$$\Delta D_g = \left(\frac{\sqrt{D_0 S}}{\sin \alpha} - 2r_{ch} - S \right) (1 - \cos \alpha) \quad (5-43)$$

trong đó: r_{ch} - bán kính lượn của phần chuyển tiếp giữa hình trụ và côn của chày.

Nếu biết ΔD_g chúng ta có thể xác định được đường kính của chày để sau khi giãn rộng có thể nhận được đường kính trong yêu cầu của chi tiết:

$$D_{ch} = D_g - \Delta D_g$$

Phân tích các công thức đã đưa ra và các số liệu thực nghiệm đã chỉ ra rằng: khi góc nghiêng đường sinh của chày α càng lớn, chiều dày phôi S và đường kính phôi bị biến dạng D_g càng lớn thì lượng tăng của đường kính phôi ΔD_g càng lớn.

5.3.2. Lực và công biến dạng

Lực biến dạng khi giãn rộng được xác định bằng tích của ứng suất lớn nhất tại ổ biến dạng tác dụng theo hướng trục với diện tích tiết diện ngang và hệ số $K = 1,1 \div 1,2$. Sử dụng công thức (5-42) ta có:

$$P_{gr} = K \cdot 0,25\pi D_0 S \sigma_b \left(\frac{D_g}{D_0} + 1 \right) \left[\left(\frac{D_g}{D_0} - 1 \right) (1 + \mu \cot g \alpha) + 2 \sqrt{\frac{S}{D_0} \sin \alpha} \right] \left(1 + \sqrt{\frac{D_g}{D_0}} \right) (3 - 2 \cos \alpha) \quad (5-44)$$

Từ công thức (5-44) chúng ta có thể suy ra rằng: để giãn rộng những phôi có cùng một kích thước thì lực biến dạng sẽ càng lớn nếu như độ bền của vật liệu phôi, mức độ biến dạng và lực ma sát tiếp xúc càng lớn. Góc nghiêng đường sinh của chày α cũng ảnh hưởng đến lực giãn rộng. Nghiên cứu công thức (5-44) có thể chứng minh rằng: có một giá trị tối ưu của góc α để cho lực biến dạng khi giãn rộng là nhỏ nhất. Khi hệ số ma sát μ nhỏ thì góc tối ưu $\alpha = 15 \div 20^\circ$.

Trong quá trình giãn rộng, cũng giống như trong quá trình tóp, lực biến dạng bị thay đổi. Nếu chúng ta sử dụng phương pháp xác định công biến dạng khi tóp thì có thể xác định được công biến dạng khi giãn rộng theo công thức:

$$A = K\pi D_0 S \sigma_s (1 + \mu \cot \alpha) (3 - 2 \cos \alpha) H \left(\frac{\sqrt{(D_0 + 4H \sin \alpha)^3} - D_0 \sqrt{D_0}}{6H \sqrt{D_0} \sin \alpha} - 1 \right) \quad (5-45)$$

trong đó:

K - hệ số = 1,1 ÷ 1,2;

D_0 - đường kính phôi ống (theo đường trung bình);

S - chiều dày thành phôi;

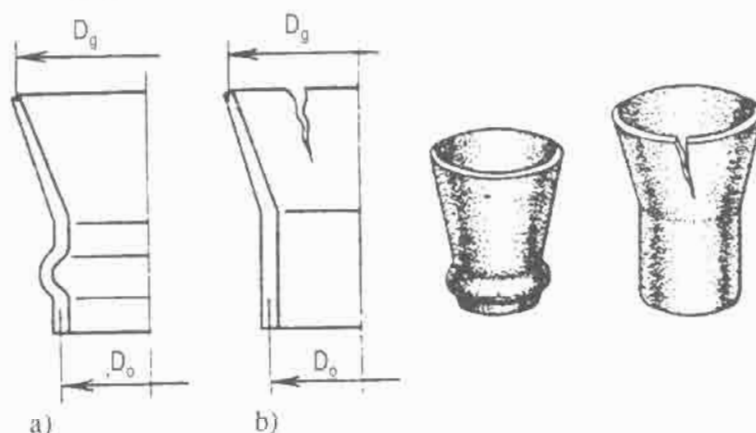
α : góc nghiêng của chày;

H - hành trình làm việc của chày.

5.3.3. Hệ số giãn rộng giới hạn

Mức độ biến dạng giới hạn giãn rộng được quyết định bởi một trong hai dạng mất ổn định của phôi: một là sự tạo nếp nhăn ở phần phôi phía dưới; hai là sự xuất hiện “cổ ngỗng” ở một hoặc đồng thời một vài chỗ trên mép của phần phôi đã bị biến dạng dẫn đến hiện tượng nứt hoặc rách (hình 5.22). Sự xuất hiện dạng khuyết tật nào là tùy thuộc vào tính chất cơ học của vật liệu phôi; vào chiều dày tương đối S/D_0 ; vào góc nghiêng đường sinh của chày α ; vào điều kiện ma sát tiếp xúc và điều kiện kẹp phôi trong khuôn.

Tỷ số giữa đường kính lớn nhất của phần phôi bị biến dạng D_g và đường kính của phần phôi ban đầu D_0 , mà với tỷ số đó có thể gây một sự mất ổn định cục bộ phôi được gọi là hệ số giãn rộng giới hạn $K_{g/r \text{ g/h}}$.



Hình 5.22. Các dạng mất ổn định khi giãn rộng:

a- tạo nếp nhăn ở đáy phôi;

b- xuất hiện cổ ngỗng và phá hủy.

Hệ số giãn rộng giới hạn có thể xác định một cách gần đúng từ điều kiện: ứng suất nén hướng kính lớn nhất tại ổ biến dạng σ_{pmax} không vượt quá ứng suất tối hạn $\sigma_{tối hạn}$ là ứng suất gây ra hiện tượng mất ổn định của phôi:

$$\sigma_{pmax} \leq \sigma_{tới hạn}$$

Nếu lấy σ_{pmax} theo công thức (5-41) và ứng suất tới hạn

$\sigma_{tới hạn} = \varphi_{ổn định} \cdot \sigma_T$ (trong đó $\varphi_{ổn định}$ là hệ số ổn định); sau đó giải phương trình nhận được đối với hệ số giãn rộng tới hạn $K_{g/r g/h} = D_g/D_0$ chúng ta sẽ nhận được:

$$K_{g/r g/h} = \sqrt{\frac{2,2\varphi_{ổn định} \cdot \sigma_T}{\sigma_b (1 + \mu \cot g\alpha)(3 - 2 \cos \alpha)}} + 1 \quad (5-46)$$

Để nhận được lời giải khi đưa ra công thức (5-46) chúng ta lấy giá trị trung bình của hệ số giãn rộng $K_{g/r g/h} = 1,43$; và tổng:

$$1 + \sqrt{\frac{D_0}{D_g}} = 1 + \frac{1}{\sqrt{1,43}} = 1,83$$

Tính toán theo công thức (5-46) có thể thấy rằng khi $\alpha = 15^\circ$; $\sigma_T = 260$ MPa; $\sigma_b = 400$ MPa; $\varphi_{ổn định} = 1$ và $\mu = 0,1$ thì $K_{g/r g/h} = 1,405$ và $[K_{g/r g/h}] = 1,405/1,1 = 1,277$.

Nhược điểm của công thức (5-46) - cũng giống như khi tóp - là nó không tính đến sự ảnh hưởng của đường kính tương đối của phôi D_0/S đến giá trị của hệ số giãn rộng tới hạn.

Việc xác định mức độ biến dạng giới hạn tại thời điểm xuất hiện cổ ngỗng ở mép phôi trở nên phức tạp hơn bởi vì sự biến dạng theo chu vi khi giãn rộng bằng chày côn không đồng đều dọc theo đường sinh của phần phôi bị biến dạng. Các lớp kim loại phía ngoài cùng ở mép phôi bị biến dạng nhiều hơn so với các lớp kim loại ở phía xa phần mép. Chính vì vậy độ giãn dài tương đối của nó tăng lên và cuối cùng dẫn đến sự phá huỷ các lớp ở ngoài biên. Do đó độ giãn dài tương đối của các lớp kim loại ngoài mép phôi luôn luôn lớn hơn độ giãn dài tương đối của mẫu tiêu chuẩn khi kéo.

Hệ số giãn rộng tới hạn theo điều kiện xuất hiện “cổ ngỗng” ở mép phôi có thể được xác định theo công thức sau:

$$K_{g/r g/h} = \exp(2n/3) + \frac{\bar{S} \cos \alpha}{2 \exp(n/3)} \left(1 + \frac{2n}{3} \right) \quad (5-47)$$

trong đó:

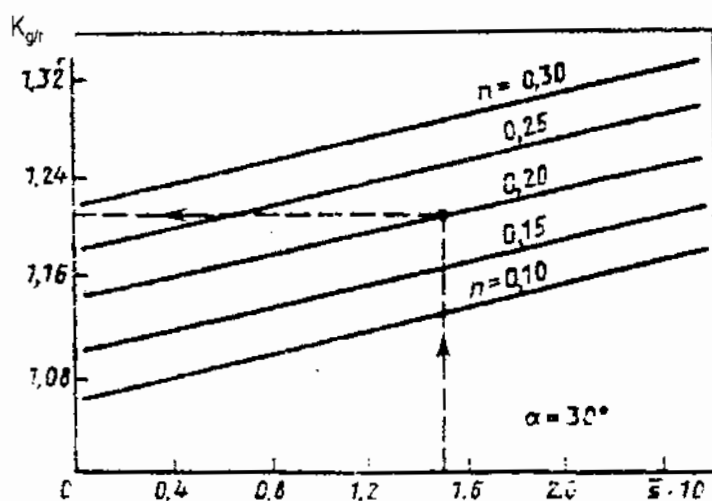
α - góc nghiêng đường sinh của chày;

$\bar{S} = 2S/D_0$ - chiều dày tương đối của phôi;

n - chỉ số hoá bền biến dạng.

Phân tích công thức (5-47) chúng ta thấy: khi tăng chỉ số hoá bền biến dạng n , chiều dày tương đối của phôi \bar{S} và góc nghiêng α thì hệ số giãn rộng tới hạn cũng tăng lên.

Để thuận lợi cho quá trình tính toán, công thức (5-47) được trình bày dưới dạng đồ thị quan hệ $K_{g/r g/h} = K_{g/r g/h}(S, n)$ khi $\alpha = 30^\circ$ (hình 5.23). Có thể nhận được những đường cong tương tự như vậy đối với những góc α khác nhau.



Hình 5.23. Sự phụ thuộc của hệ số giãn rộng tới hạn vào chiều dày tương đối của phôi (S/D_0) và tính chất cơ học của vật liệu.

Tính dị hướng của vật liệu phôi có ảnh hưởng đến hệ số biến dạng giới hạn khi giãn rộng. Khi tăng hệ số dị hướng thông thường R^* thì hệ số giãn rộng giới hạn cũng tăng lên, bởi vì khi đó khả năng chống lại sự biến mỏng của thành phôi tăng lên.

Để có thể biến dạng với mức độ cao hơn khi giãn rộng, cũng giống như khi tóp, cần phải đảm bảo sao cho hệ số dị hướng dọc trục phôi lớn hơn hệ số dị hướng theo hướng tiếp tuyến (hướng vòng theo chu vi) và trị số của chúng cần phải lớn hơn 1.

Hệ số giãn rộng cho phép cũng có thể xác định trên cơ sở các số liệu thực nghiệm. Trong các sổ tay công nghệ và tài liệu kỹ thuật khác đã có các bảng số liệu để xác định hệ số giãn rộng cho phép (cũng giống như khi tóp, các số liệu này thường lớn hơn từ 10 - 15%). Bảng số liệu này thường được sử dụng với các kỹ sư thực hành khi thiết kế các quá trình công nghệ chế tạo các chi tiết bằng nguyên công giãn rộng.

5.3.4. Kích thước phôi khi giãn rộng

Phôi để giãn rộng thường là phôi rỗng hoặc chi tiết có đáy đã được dập vuốt, vì vậy việc xác định kích thước của phôi chỉ là việc xác định chiều dài L của ống để sau khi giãn rộng nhận được chi tiết có các kích thước yêu cầu, còn đường kính và chiều dày của thành phôi được lấy bằng đường kính và chiều dày của phần hình trụ của chi tiết (D_0 và S). Việc xác định chiều dài L của phôi dựa vào điều kiện cân bằng thể tích giữa phôi và chi tiết.

Sau khi giãn rộng, phần hình côn của chi tiết có chiều dày thành không đồng đều và thay đổi từ S đến S_K . Nếu chúng ta giả thiết rằng sự thay đổi chiều dày thành theo quan hệ tuyến tính và chiều dày nhỏ nhất của phần phôi bị biến dạng S_K được xác định theo công thức (5-38) thì công thức để xác định chiều dài L sẽ có dạng:

*) Khí giãn rộng không có phần hình trụ (hình 5.18a):

$$L = l_0 + \frac{D_g + D_0 + 2r(1 - \cos \alpha)}{4D_0} \left(\frac{D_g - D_0}{2 \sin \alpha} - r \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) \left(1 + \sqrt{\frac{D_0}{D_g}} \right) + \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180} \quad (5-48)$$

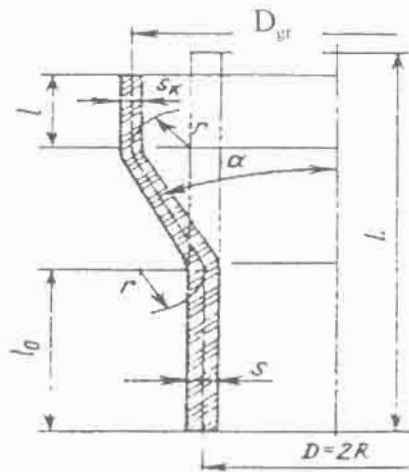
*) Khí giãn rộng có phần hình trụ (hình 5.18b):

$$L = l_0 + l \sqrt{\frac{D_g}{D_0}} + \left(1 + \frac{D_g}{D_0} \right) \left[\frac{1}{4} \left(1 + \sqrt{\frac{D_0}{D_g}} \right) \left(\frac{D_g - D_0}{2 \sin \alpha} - 2r \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) \right] + \frac{\pi \cdot r \cdot \alpha}{180} \quad (5-49)$$

Khi đưa ra công thức (5-49) chúng ta coi bán kính uốn của phôi r khi dịch chuyển trên bề mặt côn của chày và ra khỏi mặt côn đều bằng nhau và bằng r ; giá trị của nó được xác định theo công thức (5-19) (hình 5.24).

5.3.5. Khuôn để giãn rộng

Sơ đồ kết cấu của khuôn để giãn rộng, cũng giống như khi tóp, tùy thuộc vào mức độ biến dạng cần thiết. Nếu như mức độ biến dạng không lớn và hệ số giãn rộng K_{gt} nhỏ hơn giới hạn cho phép, sự mất ổn định cục bộ phôi (kể cả sự xuất hiện cổ ngỗng ở mép phôi) là không có. Trong trường hợp này người ta thường sử dụng khuôn hở, không có đối áp (bạc tựa) ở phần hình trụ của phôi.

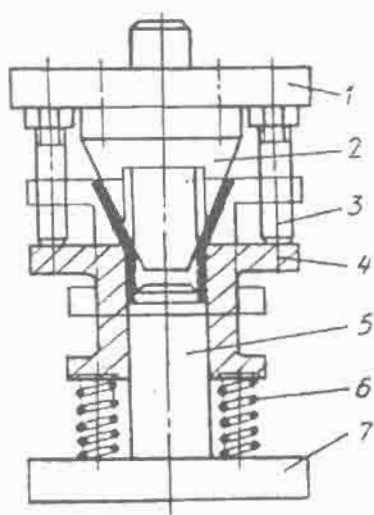


Hình 5.24. Sơ đồ xác định kích thước phôi khi giãn rộng.

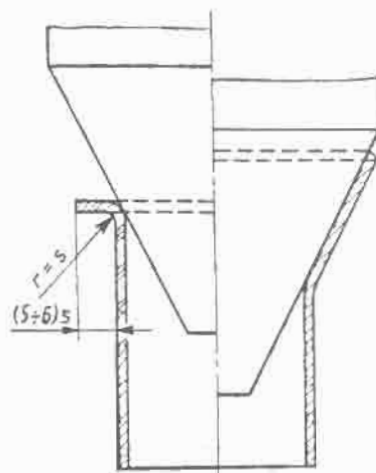
Khi mức độ biến dạng lớn, hệ số giãn rộng lớn hơn giới hạn cho phép, người ta thường sử dụng khuôn có bạc trượt để tạo ra áp lực chặn ở phần hình trụ của phôi. Sơ đồ khuôn được biểu diễn trên hình 5.25. Đặc điểm kết cấu của nó là có bạc trượt 4 được đẩy xuống dưới nhờ các thanh đẩy (có điều chỉnh chiều dài) 3, những thanh đẩy này được kẹp lên để trên 1 nhằm ngăn ngừa khả năng chặn phôi ở phần tiếp xúc với chày, phôi và bạc trượt 4. Việc sử dụng khuôn có bạc trượt cho phép có thể nâng cao được mức độ biến dạng đến $25 \div 30\%$.

Mức độ biến dạng giới hạn khi giãn rộng bằng chày hình côn cũng có thể được nâng cao nếu như trên phần mép của phôi có một vành nhỏ với chiều rộng từ $(5 \div 6)S$ và có bán kính lượn $r \geq S$ (hình 5.26). Khi giãn rộng phần vành sẽ được tiếp nhận để tạo thành mặt côn mà không bị phá hủy và nó có thể chịu được ứng suất kéo tiếp tuyến lớn hơn so với khi mép phôi không có vành. Khi đó mức độ biến dạng giới hạn tăng lên từ $10 \div 20\%$.

Tiêu chuẩn chọn kiểu khuôn để giãn rộng (có hoặc không có bạc trượt) dựa vào những tính toán ở phần trên, khi xác định hệ số giới hạn theo điều kiện không có nếp gấp ở phần dưới của phôi hoặc theo điều kiện không có vết nứt ở mép chi tiết.



Hình 5.25. Khuôn để giãn rộng có bạc trượt:
1- đế trên; 2- chày; 3- thanh đẩy; 4- bạc trượt; 5- trục tựa, 6- lò xo, 7- đế dưới.



Hình 5.26. Sơ đồ giãn rộng với
phôi có vành tăng cứng.

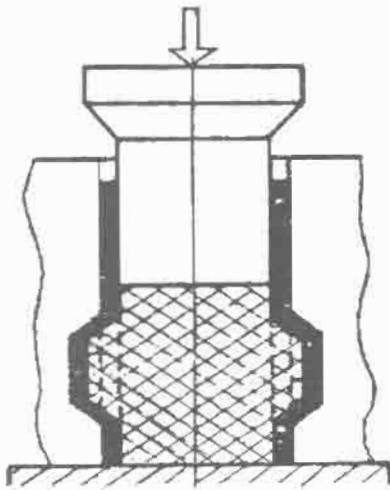
5.4. TẠO HÌNH PHÔI TẮM

Nguyên công tạo hình được đặc trưng bởi sự kéo giãn theo hai trục và sự giảm chiều dày của phôi tại vùng biến dạng dẻo. Việc tạo ra những hình nổi cục bộ trên phôi tấm hoặc những vòng gân lõi trên những đoạn ống hàn hoặc phôi ống thường được tiến hành bằng phương pháp tạo hình trong khuôn có chày cối cứng hoặc trong môi trường đàn hồi (cao su, chất lỏng, chất khí) với cối ghép (hình 5.27).

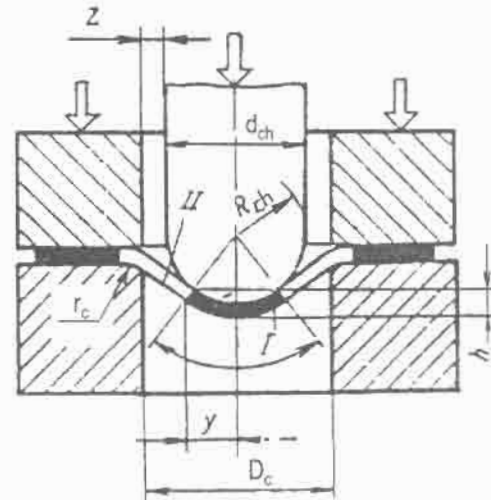
Ngoài việc tạo ra những vết lõm cục bộ và những hình nổi lõi lõm trên phôi tấm, nguyên công tạo hình còn có thể tạo ra những gân tăng cứng. Những gân tăng cứng được tạo ra một cách hợp lý sẽ nâng cao độ cứng vững cho các chi tiết phẳng hoặc dập vuốt không sâu, do đó có khả năng giảm chiều dày của phôi và như vậy sẽ giảm được khối lượng của chi tiết (điều đó rất có ý nghĩa trong các lĩnh vực công nghiệp sản xuất ô tô, máy kéo, công nghiệp hàng không v.v...) đồng thời giảm được giá thành sản phẩm. Việc chọn hình dạng và kích thước của gân tăng cứng, chiều cao cho phép của các phần lõi và lõm đối với các loại vật liệu tấm khác nhau được đưa ra trong các sổ tay công nghệ.

Khi tạo hình, kích thước và hình dạng đường bao ngoài của phôi tấm (cũng như chiều cao của vòng hoặc ống phôi) bị thay đổi không đáng kể. Chính vì vậy việc sử dụng nguyên công tạo hình để thay thế cho nguyên công dập vuốt khi chế tạo chi tiết không sâu có vành rộng, sẽ tiết kiệm được kim loại do giảm được kích thước phôi. Khi đó độ bền tại vùng biến dạng bị giảm đi do sự biến mỏng của phôi.

Vị trí của ổ biến dạng và hình dạng của nó khi tạo hình, phụ thuộc vào hình dạng của chày. Nếu quá trình tạo hình được thực hiện bằng chày bán cầu thì vùng biến dạng dẻo bao gồm 2 phần: phần tiếp xúc với chày (I) và phần tự do (II); trên phần (II) này không có ngoại lực tác dụng (hình 5.28).



Hình 5.27. Sơ đồ tạo hình bằng môi trường đàn hồi.



Hình 5.28. Sơ đồ tạo hình bằng chày bán cầu.

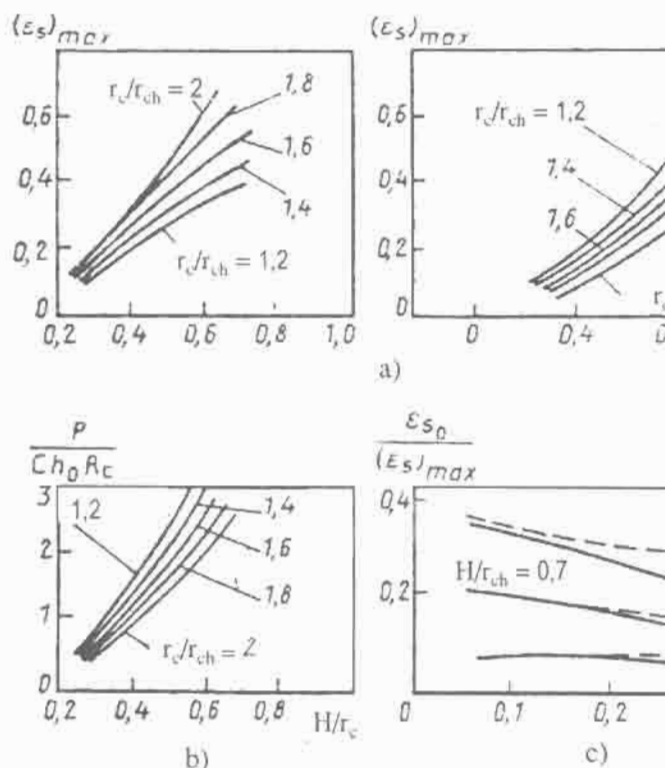
Việc giải bài toán về sự phân bố ứng suất và biến dạng tùy thuộc vào các kích thước tương đối của dụng cụ, trong điều kiện biến dạng thực tế (có tính đến ma sát tiếp xúc, sự hoá bền vật liệu, và chiều dày không đều của phôi tại vùng biến dạng) là một việc rất phức tạp, bởi vì cần phải giải một hệ phương trình cổ 10 ẩn số đối với vùng (I) và 11 ẩn số đối với vùng (II) của ổ biến dạng.

Với số lượng phương trình đầy đủ, các tác giả S. E. Rokotran và Ph. I. Rugianop đã giải bài toán này bằng máy tính dưới dạng các đồ thị quan hệ, được xây dựng đối với các giá trị nhất định của các thông số ban đầu như: bán kính lượn của cối $r_c = 14 \text{ mm}$; bán kính lượn của chày $r_{ch} = 10 \text{ mm}$; chiều dày của phôi $S = 1 \text{ mm}$. Khi đó đã sử dụng đường cong hoá bền hàm số mũ dạng $\sigma_S = C \cdot \psi^n$.

Quá trình phân tích có thể cho phép xác định được các đặc trưng ảnh hưởng của các thông số khác nhau đến giá trị biến dạng cực đại tại đỉnh của vết lõm $\epsilon_{S(max)}$ và chiều cao giới hạn của nó H . Từ hình 5.29a chúng ta có thể suy ra rằng: với những giá trị cố định của hệ số ma sát tiếp xúc $\mu = 0,1$ và $\mu = 0,25$ thì khi tăng bán kính lượn của chày r_{ch} (với điều kiện bán kính của cối không đổi) tức là giảm tỷ số r_c/r_{ch} sẽ dẫn đến khả năng tăng được chiều cao H với cùng một giá trị của $\epsilon_{S(max)}$.

và μ thì
lực biến
9c phần
u sâu H
àng: khi
và điều

Từ hình 5.29b chúng ta có thể thấy rằng: đối với các giá trị
khi tăng bán kính lượn của chày r_{ch} hoặc giảm bán kính lượn của cổ
dạng P (cần thiết để tạo ra vết lõm có chiều sâu H yêu cầu) tăng lên
ảnh hưởng của ma sát tiếp xúc đến giá trị $\varepsilon_{S(max)}$ với những
khác nhau khi các giá trị của n và r_c/r_{ch} không thay đổi. Từ đồ thị
tăng chiều sâu tương đối của vết lõm H/r_{ch} thì ảnh hưởng của ma sát
đó liên quan đến việc tăng diện tích tiếp xúc giữa chày và phôi.



Hình 5.29. Các đồ thị quan hệ để xác định thông số

bán cầu,
dạng có
g tích số
n bề mặt

Để có thể xác định một cách gần đúng lực tạo hình, khi tạo hình
không tính đến lực ma sát tiếp xúc và chiều dày không đồng đều của
thể sử dụng phương trình Laplas. Nếu chúng ta coi lực biến dạng k
giữa áp lực riêng q với diện tích hình chiếu của bề mặt tiếp xúc giữa
pháp tuyến với trục dọc của chày, thì công thức để xác định lực biến

*) Khi tạo hình vết lõm bằng chày bán cầu (hình 5.28):

(5-50)

$$P_{\text{tạo hình}} = 2 \cdot \pi \cdot \sigma_s \cdot S \cdot h(2 \cdot r_{ch} - h) / r_{ch}$$

Nếu $h = r_{ch}$ thì:

(5-50a)

$$P_{\text{tạo hình}} = 2 \cdot \pi \cdot \sigma_s \cdot S \cdot r_{ch}$$

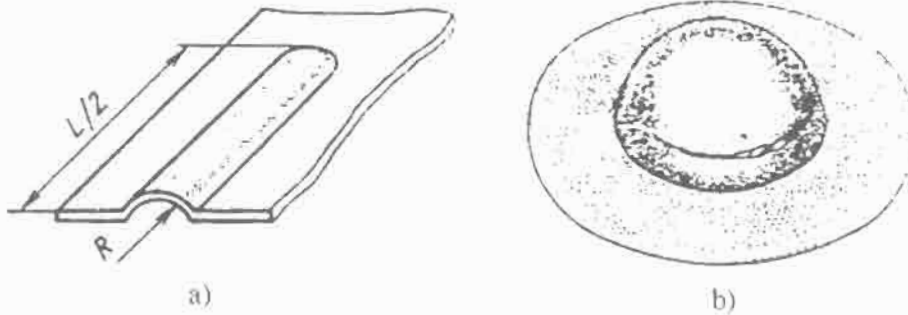
*) Khi tạo hình gân tăng cứng bằng chày có mặt cắt ngang dạng cung tròn (hình 5.30a):

$$P_{\text{tạo hình}} = 2 \cdot \sigma_S \cdot \frac{S}{r_{\text{ch}}} \sqrt{h(2r_{\text{ch}} - h)} \cdot L \quad (5-51)$$

trong đó L là chiều dài của gân.

Khi $h = r_{\text{ch}}$ thì:

$$P_{\text{tạo hình}} = 2 \cdot \sigma_S \cdot S \cdot L \quad (5-52)$$



Hình 5.30. Sơ đồ tạo hình gân tăng cứng (a) và dạng phá huỷ khi tạo hình (b).

Trong công thức (5-50) và (5-51) trở lực biến dạng được xác định như một hàm số của mức độ biến dạng cực đại nhờ đồ thị hoá bản hàm số mũ hoặc quan hệ tuyến tính (đối với kim loại đã cho):

$$\epsilon_S = \ln(S_{bm}/S) \approx (S - S_{bm})/S$$

Thực nghiệm đã chứng minh rằng: chiều cao tương đối giới hạn của vết lõm cục bộ (bằng tỷ số chiều cao của nó với đường kính vết lõm) sẽ tăng lên khi tăng chiều dày của phôi và bán kính lượn ở phần đầu chày. Chiều sâu lớn nhất của vết lõm chỉ có thể đạt được khi tạo hình bằng chày có dạng cầu. Khi tạo hình các tấm đồng thau có chiều dày $S = 1 \text{ mm}$ thì chiều sâu vết lõm có thể đạt được bằng $1/2$ đường kính của chày.

Khi tạo hình các vết lõm bán cầu, có thể sẽ xuất hiện các vết nứt cách xa đỉnh bán cầu một chút (hình 5.30b). Sở dĩ như vậy là do tại đỉnh và vùng lân cận của nó, phôi được áp sát vào chày và lực ma sát tiếp xúc sinh ra khi có sự trượt của phôi sẽ hạn chế mức độ biến dạng tại vùng đỉnh chày với cường độ lớn hơn so với các vùng ngoài biên.

Nếu quá trình tạo hình được tiến hành bằng chày hình trụ có mặt đầu phẳng và bán kính lượn mép làm việc nhỏ, thì phần vành của phôi sẽ bị biến dạng dẹt cũng như phần đáy phẳng của chi tiết. Phần vành này được giới hạn bởi các bán kính R_{gh} và r (hình 5.31a). Phần vành phôi ở ngoài mép được giới hạn bởi các bán kính R và R_{gh} sẽ bị biến dạng đàn hồi. Bán kính của vòng tròn phân chia giữa vùng đàn hồi và vùng biến dạng dẻo R_{gh} có thể được xác định theo các số liệu của M. N. Gorbunov.

Giải kết hợp phương trình cân bằng và phương trình dẻo với điều kiện biên cho đường bao trong chi tiết ($R_{gh} = r$) ta có:

$$\sigma_{\rho_{max}} = \beta \sigma_S \left[\ln \frac{R_{gh}}{r} + 0,5 \right] \quad (5-53)$$

Sử dụng công thức này, chúng ta có thể xác định được R_{gh} từ điều kiện $\sigma_{\rho_{max}} = \sigma_S$; khi đó $R_{gh} = 1,65r$ (hình 5.31a).

Trong trường hợp tạo hình bằng chảy hình trụ như vậy, lực biến dạng P_{th} sẽ bằng tích số của ứng suất cực đại $\sigma_{\rho_{max}}$ với diện tích mặt cắt ngang phần hình trụ của hốc được tạo hình có tính đến ứng suất uốn, lực ma sát tiếp xúc và sự hoá bền của vật liệu (được tính bằng giá trị trung bình của ứng suất chảy tại ổ biến dạng):

$$P_{taohinh} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot S \cdot \beta \cdot \sigma_{Stbinh} \left[\left(\ln \frac{R_{gh}}{r} + 0,5 \right) + \frac{S}{2(r_c + S/2)} \right] e^{\frac{\mu \cdot \pi}{2}}$$

Khi sử dụng đường cong hoá bền bậc nhất ta có ứng suất chảy trung bình:

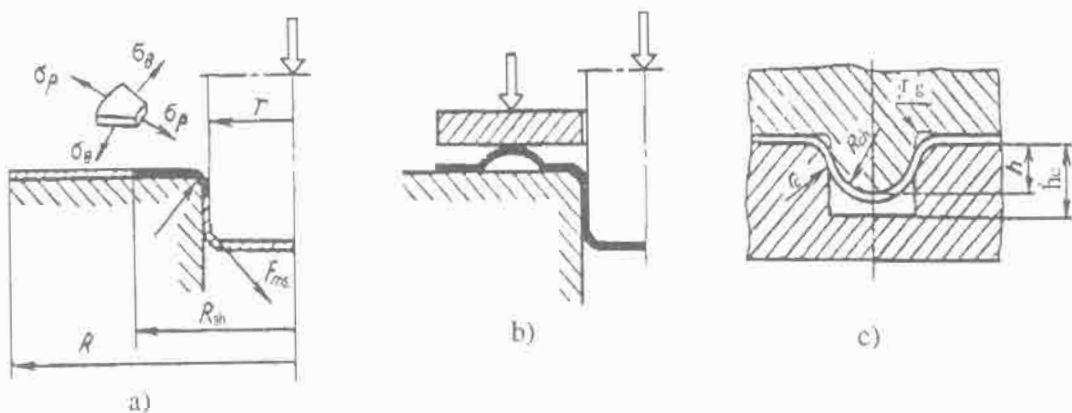
$$\sigma_{Stbinh} = \sigma_{To} + 0,5 \cdot E \cdot \delta_{b,m}$$

trong đó:

$\delta_{b,m} = \Delta S/S$ - độ biến mỏng cho phép của phôi;

σ_{To} - giới hạn chảy ngoại suy;

E - mô đun đàn hồi của vật liệu.



Hình 5.31. Các sơ đồ tạo hình:

- a- bằng chảy hình trụ có đáy phẳng và bán kính lượn nhỏ;
- b- có sự uốn trước ở phần vành dưới dạng gân lồi;
- c- biến dạng làm việc của chảy và cối để tạo hình.

Khi tạo hình bằng chảy hình trụ có đáy phẳng có thể tạo được vết lõm với chiều sâu $H = 0,2 \div 0,3$ đường kính của chảy. Nếu cần phải tạo vết lõm có chiều sâu lớn hơn thì người ta

thường sử dụng phương pháp tạo hình có sự uốn trước kim loại ở phần vành dưới dạng gân lõi (hình 5.31b); còn khi dập các chi tiết bằng hợp kim nhôm người ta phải nung nóng cục bộ vành.

Khi thiết kế prophin làm việc của khuôn để tạo hình cần phải chú ý rằng: có một phần phôi ôm sát vào cối (hình 5.31c). Chiều sâu của cối h_c cần phải lớn hơn chiều sâu của gân hoặc vết lõm h ; còn bán kính lượn ở góc của chày r_g cần phải nhỏ hơn bán kính lượn của cối r_c . Chỉ với những điều kiện như vậy mới có thể ngăn ngừa được sự xuất hiện các vết nứt ở thành chi tiết có thể dẫn đến việc tạo thành các vết nứt và gây phế phẩm. Chày để tạo hình thường có bề mặt tựa để đảm bảo chính xác chiều sâu cần thiết của vết lõm.

Quá trình tạo hình còn có thể thực hiện bằng cao su và chất lỏng. Ví dụ như dập bằng cao su được sử dụng rộng rãi trong sản xuất loạt nhỏ (chẳng hạn trong công nghiệp chế tạo máy bay) mà ở đó nếu sử dụng những khuôn kim loại truyền thống thường quá lớn. Một trong những ví dụ tạo hình bằng áp lực thuỷ tĩnh của chất lỏng là việc chế tạo ống xiphông, là những ống thành mỏng có dạng sóng đối xứng, được sử dụng để điều hoà trong hệ thống ống dẫn với những công dụng khác nhau hoặc là để làm các phần tử nhạy cảm của dụng cụ đo. Công nghệ dập bằng cao su và chất lỏng được giới thiệu trong các tài liệu kỹ thuật khác.

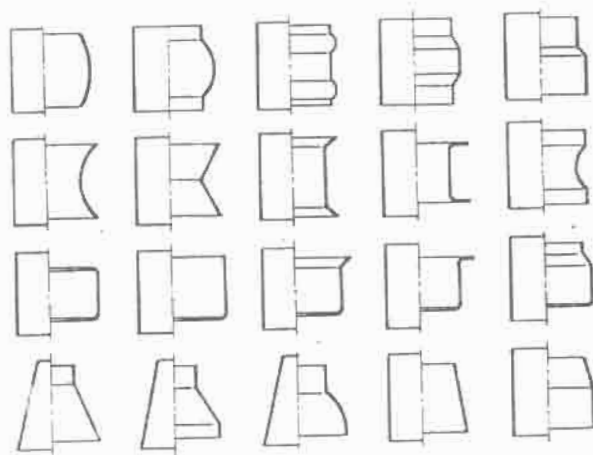
5.5. TẠO HÌNH CÁC ĐOẠN PHÔI ỐNG

Các chi tiết ống thành mỏng có tiết diện ngang thay đổi (hoặc đường sinh cong, gấp khúc) có thể được chế tạo từ những đoạn phôi ống liền (bằng phương pháp dập vuốt) hoặc những vành ống hàn (hình côn, trụ) bằng chày ghép nhiều mảnh và có thể co giãn được theo hướng kính (hình 5.32). Các chày ghép nhiều mảnh có thể co giãn được, thường sử dụng như những dụng cụ làm việc trong khuôn để chế tạo các chi tiết nhỏ và trung bình. Đối với các chi tiết lớn, có đường kính đến 2000 mm và chiều cao đến 1000 mm hoặc lớn hơn (ví dụ như các chi tiết vỏ máy bay, các chi tiết vỏ ô tô, vỏ các máy giặt...) thường được gia công trên các máy ép chuyên dùng để dập giãn.

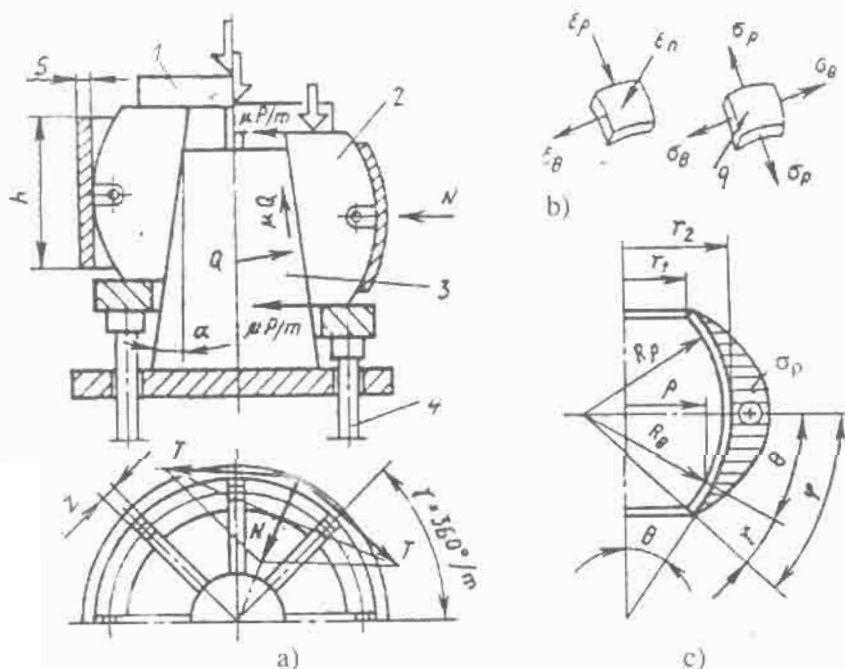
Các phương pháp dập giãn trên thường được phối hợp với các nguyên công tạo hình và sơ đồ trạng thái ứng suất cũng tương tự như khi tạo hình: kéo hai chiều và giảm chiều dày phôi tại vùng biến dạng dẻo. Chỉ khác so với nguyên công tạo hình là nó bị biến dạng dẻo trên toàn bộ thể tích phôi chứ không chỉ ở một vùng nào đó của phôi như khi tạo hình. Khi chiều cao tương đối của phôi nhỏ (nhỏ hơn đường kính) thì sẽ xảy ra sự giảm đáng kể chiều cao của đường sinh.

Sơ đồ khuôn để tạo hình bằng chày ghép co giãn được trình bày trên hình 5.33a. Lực ép được truyền qua bộ phận chuyển động phía trên của khuôn 1 lên chày ghép 2. Các miếng ghép của chày sẽ dịch chuyển trên bề mặt côn của lõi côn 3 và tách ra khi tấm trên của khuôn 1 đi xuống. Khi đó, đường kính của chày ghép và khe hở giữa các miếng ghép Z tăng lên. Còn phôi được ôm vào chày ghép bị biến dạng dẻo và thay đổi theo hình dạng của chày.

Nếu khe hở giữa các miếng ghép lớn (khi số miếng ghép ít) thì chi tiết sau khi tạo hình có thể có vết hình góc cạnh rõ rệt giữa các miếng ghép của chày. Vì thế số lượng các miếng ghép đảm bảo sao cho ≥ 12 . Ở vị trí ban đầu chày ghép thu vào nhờ các thanh đẩy \downarrow tác động vào đĩa đệm của khuôn hoặc máy ép và lò xo vòng giữa các miếng ghép (nằm trong rãnh của miếng ghép) để tạo thành hình dạng của chày, khi đó chày có thể lọt qua đường kính trong của phôi.



Hình 5.32. Các chi tiết được chế tạo bằng phương pháp dập giã.



Hình 5.33. Khuôn để dập giã (a); sơ đồ trạng thái ứng suất - biến dạng (b) và biểu đồ phân bố ứng suất (c).

Khi dập bằng chày ghép, ở thời điểm cuối cùng (kết thúc dập) toàn bộ thể tích phôi bị biến dạng dẻo. Bất kỳ một phần tử nào của vành phôi cũng đều bị kéo theo hướng tiếp tuyến. Khi đó tương ứng với điều kiện không bị nén, phần vành phôi bị giảm chiều dày và giảm chiều cao của nó. Chính vì vậy mà trạng thái biến dạng tại vùng dẻo là trạng thái biến dạng khối (hình 5.33b).

Trạng thái ứng suất của phần tử trong phôi tại vùng biến dạng dẻo, có thể coi là trạng thái ứng suất khối bởi vì theo hướng tiếp tuyến nó bị kéo; theo hướng kính nó chịu áp lực được truyền bởi các miếng ghép của chày, còn theo hướng kinh tuyến nó bị kéo bởi lực ma sát do sự dịch chuyển của phần vành phôi đối với các miếng ghép của chày (hình 5.33b). Vì bề mặt ngoài của phôi trong quá trình dập giãn không có tải trọng tác dụng, còn áp lực riêng q được truyền bởi các miếng ghép của chày vào bề mặt trong của phôi, cho nên khi sự biến mỏng tương đối của phôi nhỏ thì áp lực riêng q cũng nhỏ so với ứng suất chảy và khi đó trạng thái ứng suất có thể coi gần như là trạng thái ứng suất phẳng. Mặt khác khi áp lực riêng q tương đối nhỏ thì lực ma sát riêng tỷ lệ với chúng lại càng nhỏ hơn. Trên cơ sở này, điều kiện dẻo theo giả thiết của Huber-Mises có thể áp dụng dưới dạng:

$$\sigma_{\theta} = \beta \cdot \sigma_s.$$

Giải kết hợp phương trình cân bằng tổng quát và điều kiện dẻo với điều kiện biên là ứng suất kéo σ_{ρ} tại mép phôi bằng không, có thể cho phép chúng ta xác định được đặc trưng của sự phân bố ứng suất khi tạo hình bằng chày ghép co giãn được có đường sinh cong với độ cong không đổi:

$$\sigma_{\rho} = \frac{\beta \sigma_s R}{\rho} \left[\cos \theta - e^{\mu \gamma} \cos \varphi - 2\mu (\sin \theta - e^{\mu \gamma} \sin \varphi) \right] \quad (5-54)$$

trong đó, các ký hiệu và trị số của chúng được xác định theo sơ đồ ở hình 5.33c.

Nghiên cứu phương trình (5-54) chúng ta có thể thấy rằng tại mép phôi bị biến dạng ($\theta = \varphi, \gamma = 0; \rho = r_1$) thì ứng suất kéo hướng kính σ_{ρ} bằng không, còn tại điểm giữa của phôi ($\theta = 0; \gamma = \varphi; \rho = r_2$) thì ứng suất σ_{ρ} đạt giá trị cực đại:

$$\sigma_{\rho(\max)} = \frac{\beta \sigma_s R}{r_2} \left[1 - e^{\mu \varphi} (\cos \varphi - 2\mu \sin \varphi) \right] \quad (5-54a)$$

Biểu đồ phân bố ứng suất σ_{ρ} tại ổ biến dạng, dọc theo đường sinh của phôi được biểu diễn trên hình 5.33c.

Lực biến dạng cần thiết để tạo hình phôi bằng chày ghép hình trụ co giãn được có thể xác định bằng cách khảo sát điều kiện cân bằng của một trong những miếng ghép. Sơ đồ tác dụng của ngoại lực lên miếng ghép của chày được chỉ ra trên hình 5.33a.

Nếu coi rằng chày được ghép bởi m miếng ghép và điều kiện ma sát trên bề mặt tiếp xúc giữa các miếng ghép và chày 2; của lõi côn 3 và khuôn trên 1 là như nhau thì lực cần thiết để tạo hình của máy ép P_{th} được xác định như sau:

$$P_{th} = mN(\operatorname{tg}\alpha + \mu) / (1 - 2\mu\operatorname{tg}\alpha) \quad (5-55)$$

trong đó lực N có thể xác định một cách gần đúng như là một hàm số của lực kéo căng phôi T để tạo ra khe hở giữa các miếng ghép của chày (hình 5.33a):

$$N = 2.T.\sin(\varphi/2) \quad (5-56)$$

Nếu giả sử rằng khi tạo hình phôi hình trụ chỉ bị kéo theo hướng tiếp tuyến, thì lực kéo căng phôi sẽ là:

$$T = \sigma_0.h.S \quad (5-57)$$

trong đó:

h - chiều cao của phôi;

S - chiều dày của thành phôi.

Nếu chú ý đến điều kiện dẻo ta có:

$$T = \beta.\sigma_s.h.S \quad (5-57a)$$

Thay các giá trị vào công thức (5-55) ta được:

$$P_{th} = 2m\beta\sigma_s h S \sin \frac{\varphi}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg}\alpha + \mu}{(1 - 2\mu\operatorname{tg}\alpha)} \quad (5-58)$$

Với số lượng miếng ghép của chày $m = 10 \div 12$ thì $m.\sin(\varphi/2) \approx \pi$ và với giá trị của hệ số ma sát μ nhỏ thì $(1 - 2.\mu.\operatorname{tg}\alpha) \approx 1$. Từ những giả thiết như vậy ta có:

$$P_{th} = 2.\pi.\beta.\sigma_s.h.S(\operatorname{tg}\alpha + \mu) \quad (5-58a)$$

trong đó, σ_s là ứng suất chảy khi biến dạng dẻo nguội được xác định dựa vào đường cong hoá bền tương ứng với mức độ biến dạng trung bình:

$$\delta = (r_2 - r_1) / r_1$$

Ngoài ra lực tạo hình còn có thể được xác định bằng một công thức khác có dạng:

$$P_{th} = \pi.\beta.\sigma_s.h.d(\operatorname{tg}\alpha + \mu)\ln\left(\frac{D}{d}\right) \quad (5-59)$$

trong đó:

D, d - lần lượt là đường kính trong và ngoài của vành phôi;

h - chiều cao của vành phôi.

Nếu coi $\ln(D/d) = D/d - 1$ thì $(D - d)/2 = S$ và thay vào công thức (5-59) chúng ta sẽ được công thức (5-58a).

Thực nghiệm đã xác định được rằng: khi $m = 12$ thì mức độ biến dạng giới hạn cho phép sau một nguyên công dập giãn vành phôi bằng thép 20, thép không gỉ 12X18H9T và hợp kim nhôm bao gồm khoảng $18 \div 20\%$.

Các thông số khác khi dập giãn vành phôi như áp lực riêng q gây ra sự biến dạng dẻo; chiều dày của thành phôi dọc theo đường bao của phôi v.v... có thể được xác định, có tính đến lực ma sát tiếp xúc và độ không đồng đều của sự phân bố biến dạng do việc sử dụng

trường vận tốc khả dĩ động được xây dựng theo quỹ đạo xác định bằng thực nghiệm sự dịch chuyển của các phần tử kim loại được áp dụng cho biến dạng phẳng. Ví dụ như công thức để xác định áp lực riêng không thứ nguyên ở thành phôi hình trụ, gây ra sự biến dạng dẻo của phôi, có dạng sau:

$$\frac{q}{2K} = 0,5 \frac{\ln(R_0^2 - r_0^2 + r_{tr}^2)}{r_{tr}^2} \quad (5-60)$$

trong đó:

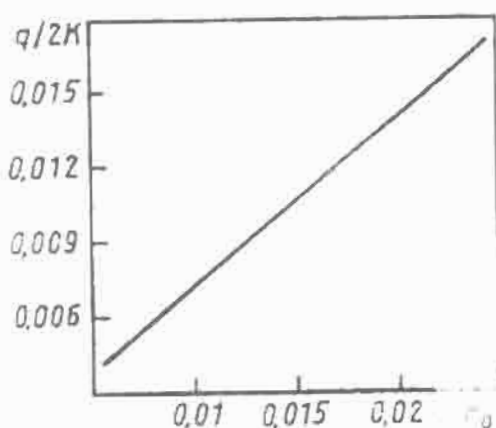
R_0 và r_0 - lần lượt là bán kính ngoài và trong của phôi hình trụ;

r_{tr} - bán kính trong của chi tiết hình trụ;

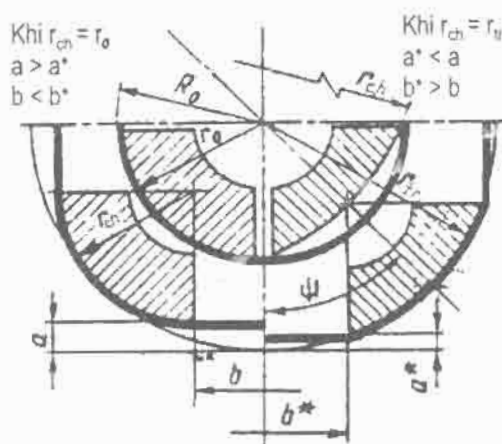
$K = \sigma_s/3$ - hằng số dẻo.

Đồ thị quan hệ $q/2K = f(S/r_0)$ đã chỉ ra rằng khi tỷ số S/r_0 tăng lên thì giá trị của $q/2K$ cũng tăng lên (hình 5.34).

Khi dập giãn vành phôi bằng chày ghép co giãn được sẽ xảy ra hiện tượng biến mỏng thành không đều dọc theo chu vi của phôi do điều kiện của lực ma sát tiếp xúc không đều, cũng như không có lực ma sát tại các vùng khe hở giữa các miếng ghép của chày.



Hình 5.34. Sự phụ thuộc của $q/2K$ không thứ nguyên vào chiều dày tương đối của phôi (S/r_0) khi dập giãn.



Hình 5.35. Sơ đồ các miếng ghép của chày với bán kính làm việc khác nhau khi dập giãn.

Tất cả những nguyên nhân đó tạo ra sự gãy góc của chi tiết theo tiết diện ngang (tạo thành đa giác nhiều cạnh mà không tròn). Điều đó, theo điều kiện kỹ thuật của hàng loạt chi tiết đều không cho phép.

Để hạn chế hiện tượng trên, người ta thường sử dụng những miếng ghép có bán kính làm việc r_{ch} bằng bán kính trong của chi tiết r_{tr} . Trong trường hợp này, độ dài của phần cạnh thẳng b^* và độ méo a^* (hình 5.35) có thể xác định theo công thức:

$$a^* = r_{tr} - r_0 - (\sqrt{r_{tr}^2 - r_0^2 \sin^2 \psi} - r_0 \cos \psi) \cos \psi \quad (5-61)$$

$$b^* = 2 \sin \psi (\sqrt{r_{tr}^2 - r_0^2 \sin^2 \psi} - r_0 \cos \psi) \quad (5-62)$$

Các ký hiệu trong công thức (5-61) và (5-62) được chỉ ra trên hình 5.35. Khi giảm bán kính r_{ch} thì mức độ góc cạnh (giá trị a và b) tăng lên.

Ngoài phương pháp dập giãn bằng chày ghép co giãn được mà chúng ta vừa khảo sát, trong công nghiệp hàng không người ta còn sử dụng phương pháp dập giãn ngang và dọc được thực hiện trên các máy dập giãn chuyên dùng để chế tạo các chi tiết vỏ ngoài của máy bay bằng hợp kim nhôm và hợp kim titan.

5.6. NGUYÊN CÔNG NẤN CÁC BỀ MẶT PHẪNG VÀ MẶT CONG HÌNH XUYẾN

Nguyên công nấn là một nguyên công nhằm khắc phục những hiện tượng cong vênh, sai lệch của chi tiết dập sau khi cắt, đột, uốn, dập vuốt v.v... Nguyên công nấn còn được sử dụng để làm giảm bán kính lượn của vành và đáy chi tiết dập vuốt khi chi tiết có yêu cầu bán kính lượn nhỏ hơn so với giá trị nhỏ nhất cho phép khi dập vuốt (còn gọi là nguyên công tinh chỉnh).

Để nấn các chi tiết hoặc phôi có dạng mặt phẳng người ta thường sử dụng khuôn chuyên dùng để nấn mà các chi tiết làm việc của nó là những tấm phẳng có bề mặt trơn nhẵn hoặc khía nhám theo kiểu tổ ong hoặc có các đỉnh nhọn (hình 5.36). Đỉnh răng của khuôn nấn có khía nhám kiểu tổ ong thường lớn hơn so với khuôn có đỉnh răng nhọn, chúng thường có một diện tích phẳng hình vuông, hình thoi với chiều rộng $b \leq 0,5S$. Chiều cao h và bước răng l của khuôn có đỉnh răng nhọn thường được lấy bằng chiều dày S của vật liệu (hình 5.36b).

Khuôn có mặt phẳng trơn nhẵn thường được dùng để nấn các chi tiết mỏng, còn khuôn có bề mặt nhám dùng để nấn vật liệu dày hơn ($S \geq 2\text{mm}$). Khi nấn bằng khuôn có đỉnh răng nhọn có thể sẽ xuất hiện những vết hằn nhô lên trên bề mặt chi tiết. Những đỉnh răng nhọn của tấm khuôn trên và tấm khuôn dưới cần phải lệch nhau một nửa bước răng, có đảm bảo như vậy thì mới có thể gây ra biến dạng dẻo cục bộ phần bị cong vênh, sai lệch của bề mặt chi tiết. Có thể phối hợp nguyên công nấn với nguyên công tinh chỉnh, chôn, để nấn thẳng chi tiết sau khi uốn và những nguyên công khác.

Lực nấn có thể được xác định một cách gần đúng theo công thức:

$$P_{nấn} = q.F$$

trong đó q là áp lực nấn phụ thuộc vào chiều dày vật liệu và phương pháp nấn

$$(q = 50 \div 300 \text{ MPa}).$$

Để nấn các bề mặt cong của chi tiết (tinh chỉnh các bán kính góc lượn của chi tiết dập vuốt) người ta thường sử dụng những khuôn có kết cấu tương tự như khuôn dập vuốt. Khi

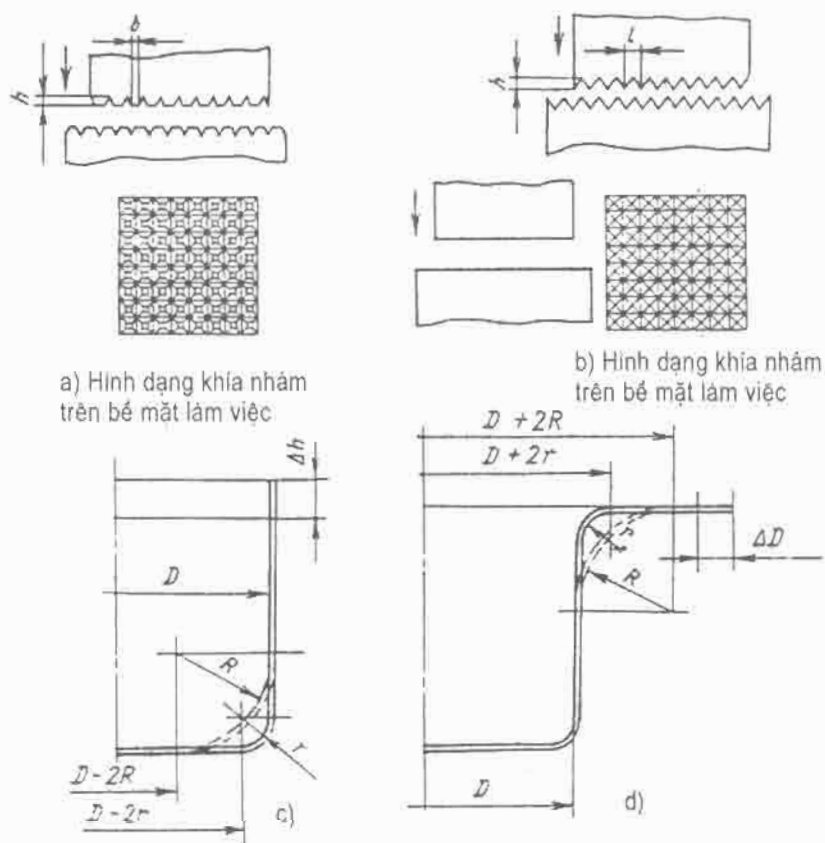
nấn những bề mặt cong (phần chuyển tiếp giữa đáy và thành hình trụ của chi tiết dập vuốt) thường xảy ra sự giảm chiều cao của chi tiết, còn khi nấn bán kính lượn giữa thành và mặt vành (chi tiết hình trụ có vành) thường có hiện tượng làm giảm đường kính ngoài của vành. Nếu giả sử khi nấn không xảy ra sự biến mỏng vật liệu, thì độ giảm chiều cao của chi tiết Δh có thể xác định dựa vào điều kiện độ dài đường sinh không đổi:

$$\Delta h = 0,43(R - r)$$

và độ co đường kính ngoài của vành:

$$\Delta D = 2 \cdot \Delta h = 0,86(R - r)$$

trong đó R, r lần lượt là bán kính phần chuyển tiếp của chi tiết trước và sau khi tinh chỉnh (hình 5.36c, d).



Hình 5.36. Các phương pháp nấn mặt phẳng và mặt cong.

Lực biến dạng khi nấn các mặt cong được xác định bằng tích số của áp lực riêng q với diện tích hình chiếu phần biến dạng của chi tiết lên bề mặt vuông góc với phương của lực tác dụng. Như vậy khi tinh chỉnh bán kính lượn ở đáy của chi tiết hình trụ ta có:

$$P_{\text{nấn}} = \pi(R - r)(D - R - r)q$$

Còn khi tính chính bán kính lượn ở vành:

$$P_{\text{nén}} = \pi(R + r) (D + R - r)q$$

trong đó:

D - đường kính phần hình trụ của chi tiết;

q - áp lực nén, có thể lấy $q = 150 + 200$ MPa.

Ngoài phương pháp nén bằng khuôn nén chuyên dùng, người ta còn có thể sử dụng phương pháp nén bằng hai trục quay ngược chiều nhau để nén các chi tiết nhỏ (nén bề mặt phẳng). Khi đó việc truyền cấp phối và thu hồi sản phẩm có thể tự động hoá hoàn toàn. Các tấm kim loại hoặc các cuộn phôi thép có thể được nén thẳng (phẳng) bằng các máy nén tấm nhiều trục như sự uốn nhiều lần giữa các trục này được đặt lệch nhau. Đối với các tấm kim loại không lớn có thể được nén phẳng bằng phương pháp kéo giãn 3 ÷ 5% chiều dài của chúng.

CÁC PHƯƠNG PHÁP TĂNG CƯỜNG SỰ BIẾN DẠNG CỦA PHÔI

6.1. SỰ PHỐI HỢP CỦA MỘT SỐ NGUYÊN CÔNG TẠO HÌNH TRONG CÙNG MỘT KHUÔN

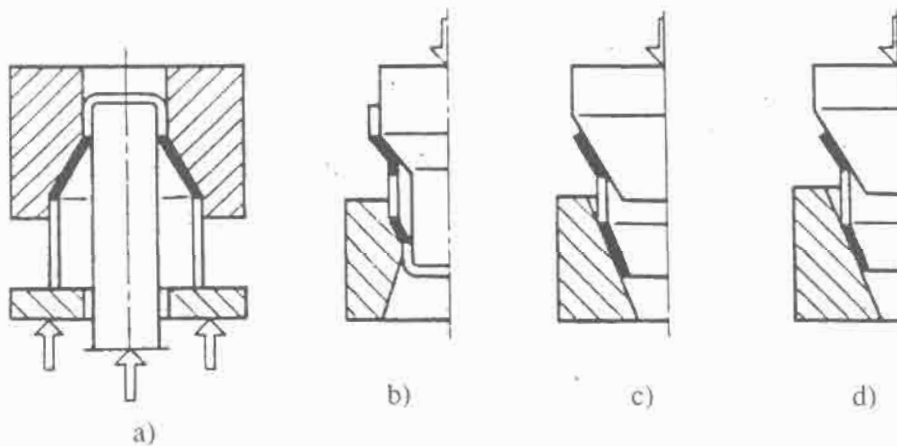
Mục đích chủ yếu của việc tăng cường sự biến dạng của phôi là nhằm rút ngắn dây chuyền công nghệ, do đó nâng cao được năng suất lao động, giảm số lượng thiết bị yêu cầu và do đó giảm số công nhân thao tác. Những phương pháp riêng biệt để tăng cường sự biến dạng của phôi ở từng nguyên công thì chúng ta đã khảo sát. Ví dụ như:

- Việc gọt lớp kim loại bị biến cứng nguội ở mép lỗ đột trước khi lên vành; việc ép đẩy phôi khi dập vuốt chỉ tiết hình trụ có vành rộng;
- Việc sử dụng bạc trượt-lõi tựa trong khuôn tóp và giãn rộng phôi ống;
- Việc tăng độ nhẵn bề mặt khuôn và bán kính lượn của cối khi dập vuốt v.v...

Hiện nay những phương pháp để tăng cường sự biến dạng của phôi đã tăng lên đến mức cần thiết phải xếp chúng vào một nhóm riêng.

Sự phối hợp của một vài nguyên công tạo hình trong cùng một khuôn cho phép làm giảm ứng suất ở tiết diện nguy hiểm của phôi, nâng cao mức độ biến dạng giới hạn và giảm số nguyên công cần thiết để chế tạo chi tiết.

Sơ đồ của sự phối hợp các nguyên công dập vuốt, tóp, giãn rộng trong cùng một khuôn được chỉ ra trên hình 6.1.



Hình 6.1. Sơ đồ phối hợp giữa các nguyên công trong cùng một khuôn:
a- dập vuốt + tóp; b- dập vuốt + tóp + giãn rộng; c, d- giãn rộng và tóp.

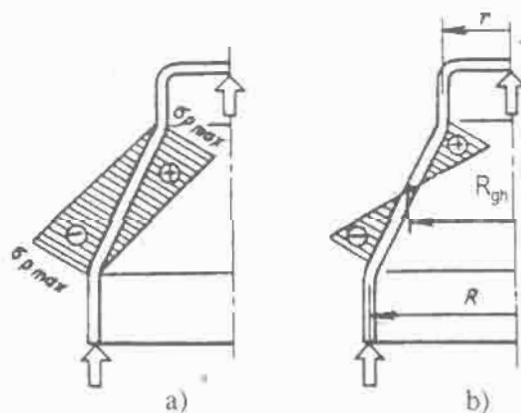
Phân tích các sơ đồ này chúng ta có thể thấy rằng: khi phối hợp nguyên công dập vuốt và nguyên công tóp (hình 6.1a) cũng như khi phối hợp nguyên công dập vuốt, tóp và giãn rộng (hình 6.1b) do có lực bổ sung, để đẩy phôi vào trong cối làm xuất hiện ứng suất nén, giảm nhẹ tải trọng ở tiết diện nguy hiểm của phôi và cân bằng với ứng suất kéo sinh ra khi chày kéo phôi vào trong cối, do đó tăng được mức độ biến dạng.

Khi phối hợp các nguyên công như vậy sẽ tạo ra một ổ biến dạng chung hoặc hai ổ biến dạng độc lập (trên hình 6.1, các ổ biến dạng bị tô đen). Nếu cả 2 nguyên công phối hợp để dẫn đến việc giảm kích thước ngang của phôi bị biến dạng, chẳng hạn như dập vuốt và tóp (hình 6.1a) thì chỉ có một ổ biến dạng là phần phôi có diện tích tiết diện ngang thay đổi. Nếu một trong những nguyên công phối hợp có sự tăng kích thước ngang, còn các nguyên công khác thì làm giảm kích thước ngang, ví dụ như: giãn rộng, tóp và dập vuốt (hình 6.1b) hoặc giãn rộng và tóp (hình 6.1c, d) thì sẽ hình thành hai ổ biến dạng riêng biệt được phân chia bởi vùng đàn hồi. Trong trường hợp này mức độ biến dạng tổng cộng sẽ bằng tổng mức độ biến dạng nhận được ở mỗi nguyên công phối hợp.

Để thấy được sự ưu việt của phương pháp dập đã cho, chúng ta hãy khảo sát một ví dụ phối hợp giữa các nguyên công dập vuốt (nguyên công trung gian) với nguyên công tóp trong cối hình côn (hình 6.1a).

Trong trường hợp này, phôi là một chi tiết hình trụ (đã được dập vuốt ở nguyên công trước) được kéo vào trong cối bởi áp lực của chày vào phần đáy của phôi, giống như khi dập vuốt; đồng thời nó lại được đẩy vào trong cối bởi áp lực của bộ phận đẩy tại phần mép của phôi giống như khi tóp (hình 6.1a). Khi đó sẽ tạo ra một ổ biến dạng chung mà giới hạn của nó chỉ gồm phần phôi có kích thước ngang bị giảm đi. Như vậy, rõ ràng là khi dập, tại ổ biến dạng sẽ phát sinh ứng suất, hướng dọc theo đường sinh của phôi: ứng suất kéo do dập vuốt và ứng suất nén do tóp.

Biểu đồ phân bố các ứng suất này được chỉ ra trên hình 6.2a.



Hình 6.2. Biểu đồ phân bố ứng suất;
a- khi dập vuốt và tóp được thực hiện riêng rẽ;
b- khi phối hợp giữa dập vuốt và tóp.

Biểu đồ phân bố ứng suất khi đồng thời dập vuốt và tóp có sự thay đổi dấu khi $\sigma_{pVuốt} = \sigma_{pTóp}$. Bán kính R_{gh} tại điểm phân chia này sẽ thay đổi tùy theo tỷ số của các ứng suất dập vuốt hoặc tóp (hình 6.2b).

Khả năng biến dạng của phôi khi dập vuốt và tóp phụ thuộc vào trị số của ứng suất kéo và ứng suất nén cực đại tại ổ biến dạng. Nếu như những ứng suất này đạt được giá trị tối hạn sẽ xảy ra hiện tượng đứt gãy phôi hoặc nhăn tại vùng truyền lực dưới tác dụng của ứng suất nén. Thực nghiệm đã chỉ ra rằng khi phối hợp dập vuốt và tóp, khả năng biến dạng giới hạn cao hơn so với khi dập riêng biệt. Mức độ biến dạng: $K_{vuốt+Tóp}$ có thể bằng tích của mức độ dập vuốt cho phép và hệ số tóp cho phép.

$$K_{vuốt+Tóp} = K_{vuốt} \cdot K_{Tóp}$$

Cũng giống như khi tóp, góc nghiêng đường sinh của cối hình côn có ảnh hưởng đến lực biến dạng trong quá trình phối hợp dập vuốt và tóp. Sẽ tồn tại một vùng góc tối ưu mà với góc này lực công nghệ là nhỏ nhất. Khi sử dụng chất bôi trơn đảm bảo sao cho hệ số ma sát $\mu \leq 0,1$ thì vùng góc tối ưu nằm trong khoảng $20 \div 25^\circ$. Lực biến dạng cần thiết để dập vuốt và tóp được xác định bằng tổng của các lực dập riêng biệt

$$P_{phối\ hợp} = P_{vuốt} + P_{tóp} = \pi \cdot S \cdot (\sigma_{pVuốt}^{max} \cdot d + \sigma_{pTóp}^{max} \cdot D) \quad (6-1)$$

trong đó:

$\sigma_{pVuốt}^{max}$ - ứng suất kéo cực đại tại vùng dập vuốt;

$\sigma_{pTóp}^{max}$ - ứng suất kéo cực đại tại vùng tóp.

Giá trị của ứng suất hướng kính cực đại xuất hiện khi dập vuốt và tóp được xác định theo công thức trong các sổ tay công nghệ. Sự phối hợp giữa dập vuốt và tóp sẽ đặc biệt có hiệu quả khi chế tạo các chi tiết hình côn có góc côn ở đỉnh nhỏ ($10 \div 20^\circ$) hoặc những chi tiết có đường sinh cong với bán kính cong lớn có đỉnh cong hoặc phẳng.

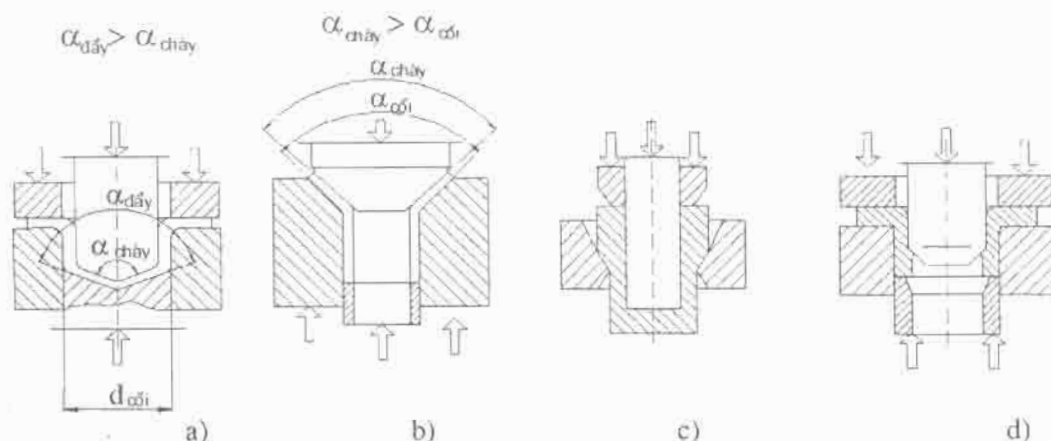
6.2. TÁC ĐỘNG LỰC PHỤ LÊN PHÔI

Việc tác động lực phụ lên phôi sẽ đạt được hiệu quả lớn nhất khi thực hiện các nguyên công tạo hình ở trạng thái nguội, nếu như tại ổ biến dạng dẻo (đặc biệt là tại phần mép của nó) có ứng suất kéo. Những kết quả quan sát được khi lên vành, giãn rộng và uốn trên những đai gân tại vùng kéo đã chứng minh điều đó. Việc tạo ra ứng suất nén phụ tại phần này của phôi sẽ nâng cao tính dẻo của nó và do đó nâng cao được mức độ biến dạng giới hạn của phôi.

Việc tác động lực phụ lên phôi có thể được thực hiện bằng những phương pháp khác nhau. Ví dụ lên vành và giãn rộng người ta thường kẹp chặt phần mép của phôi bị biến dạng giữa các bề mặt côn của chày và tấm đáy (hình 6.3a) hoặc giữa các mặt côn của chày và cối (hình 6.3b) là những mặt côn có góc côn khác nhau (hiệu của các góc côn này thường từ $2 \div 3^\circ$).

Việc kẹp chặt phần mép của phôi khi lên vành và giãn rộng sẽ gây ra ứng suất tiếp xúc nhằm hạn chế biến dạng cục bộ, do đó nâng cao mức độ biến dạng giới hạn.

Khi dập vuốt có biến mỏng, việc tác động lực phụ được thực hiện bằng cách đẩy phôi vào trong cối cùng với sự kéo phôi của chày (hình 6.3c) còn khi lên vành có biến mỏng người ta dùng vòng đối áp, đặt vào phần mép mặt đầu của vành (hình 6.3d).

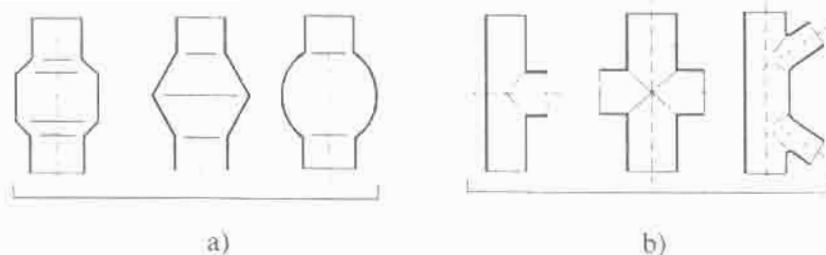


Hình 6.3. Sơ đồ tác động lực phụ lên phôi:
a- khi lên vành; b- khi giãn rộng; c- khi dập vuốt có biến mỏng; d- khi lên vành có biến mỏng.

Việc kẹp chặt phần mép của phôi cũng giống như việc làm giảm ứng suất kéo ở tiết diện nguy hiểm nhờ cơ cấu đẩy phôi vào cối hoặc sử dụng đối áp ở mặt đầu cũng như việc nâng cao tính dẻo của phôi nhằm làm giảm sự biến dạng không đồng đều theo chiều cao của nó. Điều đó cho phép nâng cao độ chính xác kích thước của chi tiết dập theo chiều cao. Ngoài ra việc tác động lực phụ lên phôi còn có khả năng làm giảm sự khác nhau về chiều dày của nó. Các nghiên cứu đã chứng minh rằng: khi giãn rộng góc nghiêng của cối cần phải đảm bảo $\alpha_c \geq 90^\circ$, còn khi lên vành góc nghiêng của chày $\alpha_d \geq 120^\circ$. Việc kẹp chặt phần mép của phôi khi lên vành cho phép làm tăng mức độ biến dạng sau một nguyên công từ $1,7 \div 2$ lần. Do vậy có thể nhận được chiều cao của phần vành đủ để hàn ống hoặc tạo ren.

Việc tác động lực phụ khi dập vuốt và lên vành có biến mỏng, có thể cho phép giảm được chiều dày thành phôi một vài lần sau một nguyên công; giảm được sự không đồng đều về chiều dày và không cần phải sử dụng nguyên công cắt mặt đầu.

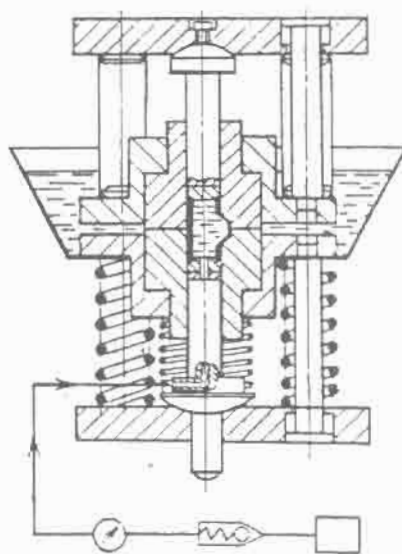
Phương pháp tác động lực phụ lên phôi còn có thể bao gồm cả phương pháp nén dọc trục một đoạn ống chịu áp lực thủy tĩnh ở bên trong để nhận được các chi tiết rỗng có phần vành lõi đối xứng (hình 6.4a) hoặc những chi tiết rỗng có một hay vài nhánh theo những hướng khác nhau (hình 6.4b).



Hình 6.4. Các dạng chi tiết được chế tạo bằng áp lực thủy tĩnh có nén dọc trục.

Thực chất của quá trình là phối hình trụ dưới dạng một đoạn ống có chiều dày thành $6 \div 8$ mm được đặt vào trong khuôn có cối ghép. Đồng thời với việc tạo ra áp lực thủy tĩnh cao ở trong lòng phối ống, người ta nén dọc theo trục phối tạo ra vùng biến dạng dẻo chịu ứng suất nén. Khi đó, theo điều kiện dẻo, ứng suất kéo tiếp tuyến sẽ bị giảm đi và do đó mức độ biến dạng giới hạn tăng lên.

Khuôn để chế tạo chi tiết ống nối ba chạc từ phối ống được trình bày ở trên hình 6.5. Đặc điểm kết cấu của khuôn là cối được ghép theo mặt phẳng ngang. Sau khi quá trình nén dọc trục với áp lực của chất lỏng công tác đạt được một giá trị nhất định, bắt đầu có sự chảy của một phần phối vào trong lỗ ở mặt bên của cối và tạo thành nhánh ống, khi đó độ dài ban đầu của phối bị co ngắn và giảm đi.



Hình 6.5. Khuôn để chế tạo ống nối 3 chạc từ phối ống.

Việc dập các chi tiết ống nối ba chạc được thực hiện trên các máy ép thủy lực chuyên dùng hoặc trên máy ép thủy lực vạn năng có lực danh nghĩa $1600 \div 2500$ kN, kết hợp với trạm bơm tự động. Áp lực thủy tĩnh của chất lỏng cần thiết để chế tạo các chi tiết ống nối của khung xe đạp ở thời điểm kết thúc quá trình tạo hình cần đạt được từ $220 \div 280$ MN/m².

Việc chế tạo các chi tiết ống nối của khung xe đạp có một hay vài nhánh bằng áp lực thủy tĩnh có nén dọc trục phối được đưa vào trong chương trình sản xuất đã đem lại hiệu quả kinh tế cao hơn nhiều so với phương pháp sử dụng phối dập-hàn do giảm được khối lượng lao động thủ công bằng tay (hàn).

Các công thức tính toán để xác định độ dài của phối và các thông số công nghệ được giới thiệu trong các tài liệu riêng.

6.3. TẠO RA TRƯỜNG NHIỆT ĐỘ KHÔNG ĐỒNG NHẤT TẠI Ổ BIẾN DẠNG VÀ VÙNG TRUYỀN LỰC

Bản chất của phương pháp tăng cường mức độ biến dạng cho phôi trên cơ sở tạo ra trong chúng một trường nhiệt độ không đồng nhất có thể xác định dựa vào sự phân tích những điều kiện duy trì độ bền (hoặc độ ổn định) khi dập vuốt. Những điều kiện đó là ứng suất kéo hướng kính lớn nhất không được vượt quá ứng suất chảy giới hạn, là ứng suất mà với giá trị của nó sẽ xảy ra sự mất ổn định cục bộ (xuất hiện “cổ ngỗng” tại vùng truyền lực, chẳng hạn như tại tiết diện nguy hiểm của sản phẩm dập vuốt). Nếu sử dụng thực nghiệm để xác định quan hệ: $\sigma^*_S = (1,1 \div 1,2)\sigma_b$, thì những điều kiện trên (không tính đến lực ma sát) có thể được trình bày dưới dạng sau:

$$\beta \cdot \sigma_S \cdot \ln(R/r) = 1,1\sigma_b \quad (6-2)$$

Khi $\beta = 1,1$ ta có:

$$R/r = K_v = \exp(\sigma_b/\sigma_S) \quad (6-3)$$

trong đó:

σ_S - ứng suất chảy tại ổ biến dạng;

σ_b - giới hạn bền tại vùng truyền lực;

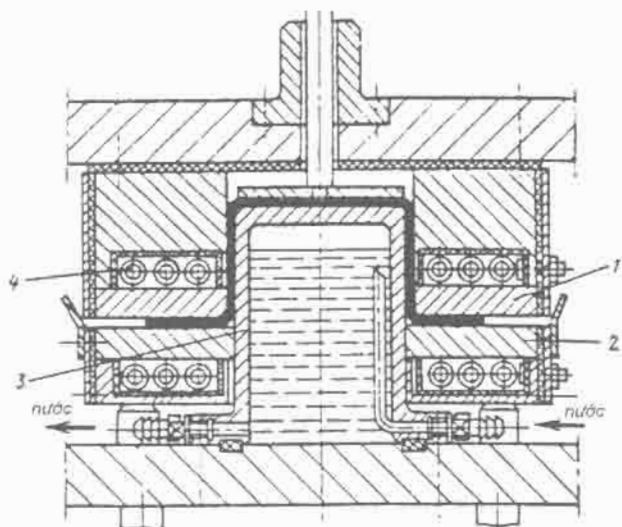
$$K_v - \text{mức độ dập vuốt} = \frac{R}{r} = \frac{D}{d}.$$

Phân tích điều kiện (6-3) chúng ta có thể thấy rằng: mức độ dập vuốt sẽ tăng lên khi tăng giới hạn bền tại vùng truyền lực và giảm σ_S tại vùng biến dạng dẻo. Do vậy người ta đã đưa ra hai phương pháp khi dập vuốt: có nung nóng cục bộ vùng biến dạng dẻo (với mục đích làm giảm σ_S tại vùng này) và làm nguội cục bộ vùng truyền lực (với mục đích làm tăng giới hạn bền ở vùng này).

Quá trình dập vuốt có nung nóng vùng biến dạng dẻo được sử dụng chủ yếu trong công nghiệp sản xuất các chi tiết của thiết bị bay được chế tạo bằng hợp kim nhôm và hợp kim manhê. Việc nung nóng cục bộ phần vành phôi được sử dụng khi dập vuốt các chi tiết hình trụ và hình hộp cao từ phôi phẳng hoặc để tóp và giãn rộng những phôi ống. Ngoài ra, người ta còn sử dụng để lộn ngược và chôn ống phôi để chế tạo những chi tiết có hình dạng phức tạp dạng ống hai lớp.

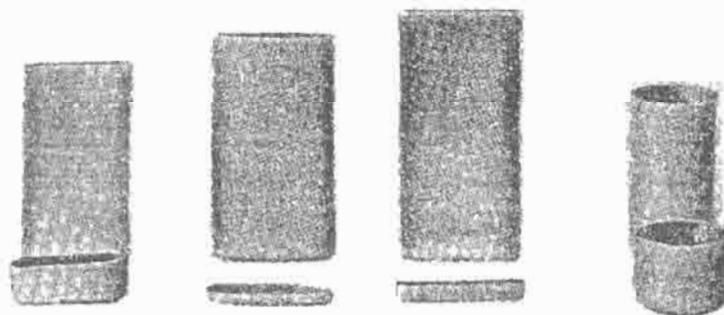
Nhiệt độ nung tại vùng biến dạng tùy thuộc vào vật liệu phôi. Đối với nhôm và hợp kim nhôm, nhiệt độ nung khoảng $400 \div 450^\circ\text{C}$ còn đối với hợp kim manhê khoảng $360 \div 380^\circ\text{C}$. Thời gian để nung phôi chủ yếu phụ thuộc vào chiều dày của nó. Đối với những phôi bằng hợp kim nhôm thì thời gian nung thường được xác định bằng cách tính toán với $6 \div 8$ giây cho 1 mm chiều dày. Khi dập vuốt việc nung nóng vùng biến dạng dẻo của phôi được thực hiện bằng các dây điện trở lồng trực tiếp vào khuôn (hình 6.6). Để tạo sự chênh lệch về nhiệt độ giữa phần vành phôi và tiết diện nguy hiểm, người ta làm nguội chày dập vuốt bằng

đồng nước lạnh chảy liên tục trong lòng của chày. Do có khoảng thời gian khá lâu để nung phôi nên quá trình dập cổ nung nóng thường được thực hiện trên các máy ép thủy lực hoặc trên các máy ép để dập chài dẻo.



Hình 6.6. Sơ đồ khuôn để dập vuốt có nung nóng và làm nguội cục bộ phôi:
1- trục ; 2- vành chặn ; 3- chày ; 4- dây điện trở.

Phương pháp dập vuốt cổ nung nóng cục bộ phôi sẽ đặc biệt có hiệu quả khi chế tạo các chi tiết có tiết diện ngang không tròn như các chi tiết hình hộp vuông, chữ nhật, ô van, dạng hình số 8 v.v... với bán kính lượn ở góc nhỏ. Khi dập vuốt cổ nung nóng, sau một nguyên công có thể nhận được chi tiết không tròn có chiều cao lớn hơn nhiều so với khi dập vuốt ở nhiệt độ bình thường. Hình 6.7 cho thấy sự khác nhau về chiều cao của các chi tiết bằng hợp kim nhôm khi dập bằng hai phương pháp khác nhau.



Hình 6.7. Các chi tiết bằng hợp kim nhôm được dập vuốt có nung nóng cục bộ phôi và các chi tiết dập vuốt bằng phương pháp thông thường.

Khi dập vuốt các chi tiết bằng hợp kim manhê MA.1 và MA.8 có nung nóng cục bộ phần vành đến nhiệt độ 350°C thì mức độ biến dạng giới hạn tăng lên $3 \div 3,5$ lần so với khi dập vuốt thông thường. Chú ý rằng: khi dập vuốt nhiệt độ nung tại ổ biến dạng cần phải đảm bảo tăng dần từ mép trong của ổ biến dạng đến mép ngoài đường bao của vành. Khi đó trở lực biến dạng của phần vành phôi sẽ tăng dần từ ngoài vào trong mép cối.

Trường nhiệt độ không đồng đều tại ổ biến dạng có thể được tạo ra nhờ sự thay đổi mật độ và vị trí phân bố của các phần tử nung, cũng như việc làm nguội các phần riêng biệt của khuôn. Ngoài ra, nó cũng có thể được tạo ra bằng cách nung bằng dòng điện tiếp xúc, đặc điểm của phương pháp này là dòng điện được truyền vào phôi qua các tiếp điểm được bố trí chỉ ở đường bao ngoài của phôi. Khi đó tùy theo thời gian nung, độ chênh nhiệt độ tại ổ biến dạng (phần vành) khoảng từ $200 \div 650^{\circ}\text{C}$.

Nhược điểm của phương pháp dập vuốt có nung nóng cục bộ là kết cấu khuôn khá phức tạp và năng suất lao động thấp. Nhưng ưu điểm có giá trị của nó là có thể giảm đáng kể số nguyên công khi dập vuốt các chi tiết hình hộp sâu với tiết diện ngang có hình dạng phức tạp và bán kính lượn ở góc nhỏ.

Dập vuốt với việc sử dụng làm lạnh sâu trên cơ sở các nhóm kim loại nhất định có khả năng nâng cao độ bền của nó dưới tác dụng của nhiệt độ rất thấp. Khi làm lạnh các loại thép ôstenit đến nhiệt độ (-180°C) sẽ làm cho giới hạn chảy, giới hạn bền và một số đặc trưng bền khác tăng lên. Khi đó, đặc trưng về tính dẻo (chẳng hạn như độ giãn dài tỷ đối) của nó bị giảm đi một chút (không đáng kể) hoặc hầu như không thay đổi.

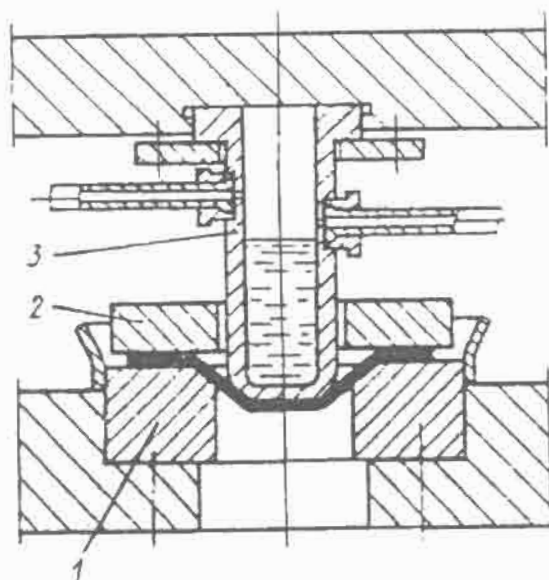
Ví dụ khi làm lạnh thép 10 và 20 đến nhiệt độ: -180°C thì giới hạn bền tăng lên 1,9 + 2,1 lần; còn thép 12X13 thì giới hạn bền tăng lên 2,3 lần. Độ giãn dài tỷ đối của thép 10 và 20 khi đó giảm đi một chút, còn thép 12X13 thì hầu như không đổi. Việc làm lạnh sâu trong một khoảng thời gian rất ngắn và sau đó nung nóng đến nhiệt độ bình thường của các loại thép trên đều không có ảnh hưởng gì đến trạng thái cấu trúc của nó.

Những hiện tượng mà chúng ta vừa nêu trên được ứng dụng khi dập vuốt để nâng cao độ bền của tiết diện nguy hiểm bằng cách làm lạnh cục bộ vùng truyền lực. Khi đó sẽ nâng cao được mức độ biến dạng sau một nguyên công và do đó giảm được số nguyên công, tăng năng suất lao động và hạ được giá thành sản phẩm.

Quá trình dập vuốt có sự làm lạnh sâu tiết diện nguy hiểm của chi tiết, được thực hiện trong khuôn đặc biệt (hình 6.8). Đặc điểm của khuôn này là với mỗi hành trình của máy ép, một liều lượng nhất định chất làm lạnh dưới dạng nitơ lỏng hoặc khí hoá lỏng có nhiệt độ -180°C được truyền vào trong chày rỗng theo chu kỳ.

Khi chất làm lạnh được truyền vào trong chày rỗng, quá trình làm lạnh chày xảy ra rất nhanh, phôi mỏng được tiếp xúc với chày và bị làm lạnh cùng với chày tại những vùng tiếp xúc. Do đó, độ bền của kim loại ở những vùng này được tăng lên và tiết diện nguy hiểm của

chi tiết có khả năng chịu được tải trọng lớn hơn so với khi dập vuốt ở nhiệt độ thông thường. Thời gian để làm lạnh khoảng $10 \div 20$ giây, vì vậy quá trình dập vuốt có sự làm lạnh sâu cần phải tiến hành trên các máy ép thủy lực. Mức độ dập vuốt giới hạn đối với thép 10 và 20 trong trường hợp này có thể đạt $2,6 \div 3$.



Hình 6.8. Sơ đồ khuôn để dập vuốt có làm lạnh sâu tại tiết diện nguy hiểm:
1- cối, 2- vành chặn, 3- chày rỗng.

Nhược điểm của phương pháp dập vuốt này là kết cấu khuôn phức tạp và cần phải sử dụng những thiết bị làm lạnh và truyền chất làm lạnh vào khuôn. Tính ưu việt của phương pháp này là giảm được số nguyên công khi dập vuốt các chi tiết hình trụ và có thể dập được những chi tiết bằng thép tấm mỏng có hình dạng phức tạp sau một nguyên công.

6.4. GIẢM NHỆ LỰC MA SÁT CÓ HẠI VÀ NÂNG CAO LỰC MA SÁT CÓ ÍCH KHI DẬP VUỐT

Khi dập vuốt, trên bề mặt tiếp xúc giữa phôi và cối phát sinh các lực ma sát: F_1, F_2, F_3 (hình 6.9). Khi hệ số ma sát $\mu = 0,25 \div 0,3$ (không có chất bôi trơn) thì lực cần thiết để biến dạng dẻo thường rất lớn. Tỷ số giá trị của các lực ma sát này như sau: $F_1 = 75\%$; $F_2 = 20\%$; $F_3 = 5\%$.

Do tác dụng của các lực F_1, F_2, F_3 làm cho ứng suất kéo ở tiết diện nguy hiểm tăng lên, điều đó có thể dẫn đến sự biến mỏng thành và thậm chí làm đứt dáy. Vì vậy cần phải

tìm mọi biện pháp để giảm các lực ma sát F_1 , F_2 và F_3 bằng cách sử dụng các chất bôi trơn có hiệu quả và tăng độ nhẵn bóng của dụng cụ và phôi. Các bề mặt làm việc của cối vuốt cần phải mài nhẵn (mặt phẳng và mặt trụ), còn mặt cong được đánh bóng.

Lực ma sát F_4 trên bề mặt tiếp xúc giữa phần bán kính lượn của chày và bán thành phẩm, tác dụng theo hướng chuyển động của chày, vì chi tiết bị kéo và biến mỏng tại tiết diện nguy hiểm dịch chuyển tương đối đối với chày về phía mặt vành. Lực ma sát F_4 sẽ ngăn cản sự lan truyền của ứng suất kéo vào tiết diện nguy hiểm, hạn chế sự biến mỏng thành, làm giảm nhẹ tải trọng ở đáy và phần tiếp giáp với đáy của chi tiết. Lực ma sát F_4 rõ ràng là lực ma sát có ích, bởi vì nó phân bố lại ứng suất ở tiết diện nguy hiểm làm giảm ứng suất kéo tại tiết diện này. Lực ma sát F_4 càng lớn thì sự biến mỏng thành càng nhỏ.

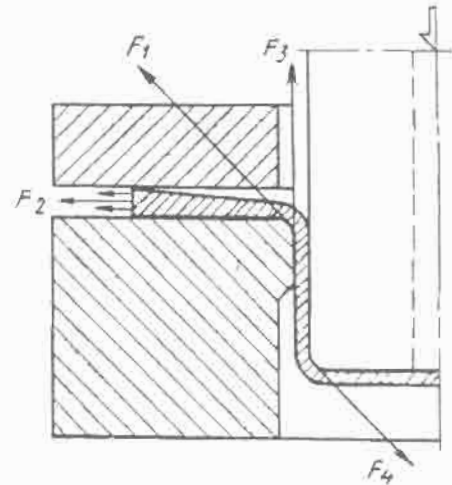
Đánh giá chính xác sự ảnh hưởng của lực ma sát xuất hiện khi dập vuốt, nhằm phục vụ chủ yếu cho việc nghiên cứu những phương pháp mới để dập vuốt từ phôi tấm, trong đó phải kể đến phương pháp dập vuốt thủy - cơ.

Thực chất của phương pháp dập vuốt thủy - cơ là: việc biến dạng phôi được thực hiện bằng chày cứng trong khuôn rỗng chứa đầy chất lỏng (nước hoặc dầu). Sơ đồ khuôn để dập vuốt thủy - cơ được chỉ ra trên hình 6.10.

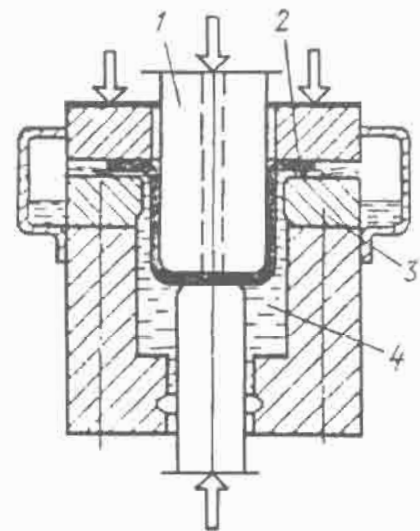
Khi chày 1 đi xuống, áp lực của chất lỏng trong khoang 4 tăng lên đến mức nó có thể chảy qua khe hở giữa phần vành phôi 2 và cối vuốt 3. Khi đó các lực ma sát có hại: F_1 , F_2 , F_3 bị giảm đáng kể, bởi vì phần vành phôi được dịch chuyển giữa mặt gương của vành chặn và một lớp mỏng chất lỏng. Đồng thời với việc tạo ra áp lực thủy tĩnh cao của chất lỏng, áp lực pháp tuyến lên bề ngoài của chi tiết dập vuốt, do áp lực của chất lỏng đồng đều theo mọi phương gây ra, cũng được tăng lên.

Điều đó dẫn đến làm tăng lực ma sát F_4 và tiết diện nguy hiểm được giảm tải.

Phương pháp dập vuốt thủy-cơ nhằm làm giảm các lực ma sát có hại và tăng lực ma sát có ích đã



Hình 6.9. Sơ đồ tác dụng của các lực ma sát khi dập vuốt.



Hình 6.10. Khuôn để dập vuốt thủy - cơ.

nâng cao được mức độ biến dạng giới hạn cho phép, do vậy sau một nguyên công có thể dập được chi tiết có chiều cao tương đối $H/D \geq 1$ với bán kính lượn ở đáy nhỏ và đặc biệt có chất lượng bề mặt chi tiết rất cao do phôi không tiếp xúc với bề mặt cối.

Nhược điểm của phương pháp dập vuốt cơ khí - thủy lực là năng lượng tiêu hao của máy ép lớn do lực biến dạng cần thiết lớn hơn $(2 + 3)$ lần so với khi dập vuốt thông thường. Điều đó là do phần lớn năng lượng bị tiêu hao vào công việc chống lại áp lực của chất lỏng (đến 80%).

Ngoài ra, áp lực chặn của tấm chặn cũng cần phải lớn hơn so với khi dập vuốt thông thường, bởi vì khi giảm ứng suất kéo tại ổ biến dạng do giảm được các lực ma sát có hại: F_1 , F_2 và F_3 thì theo điều kiện dẻo, ứng suất nén σ_z cần phải tăng lên, điều đó sẽ dẫn đến làm tăng xác suất xuất hiện nếp nhăn.

Dập vuốt bằng thủy-cơ sau $1 \div 2$ nguyên công có thể chế tạo được các chi tiết hình côn, các chi tiết hình cầu, dạng parabol trong khi phương pháp dập vuốt thông thường trong cối cứng, để có thể chế tạo được những chi tiết như vậy cần phải từ $3 \div 4$ nguyên công hoặc nhiều hơn.

Các thông số chủ yếu khi dập vuốt thủy-cơ là chiều dày tối ưu của lớp chất bôi trơn dưới vành phôi và lực chặn phôi. Phân tích sự chuyển động của các lớp chất bôi trơn, trên cơ sở lý thuyết chảy tầng của chất lỏng, cho phép chúng ta có thể xác định được tính qui luật cơ bản của các công thức tính toán để xác định các thông số của quá trình công nghệ.

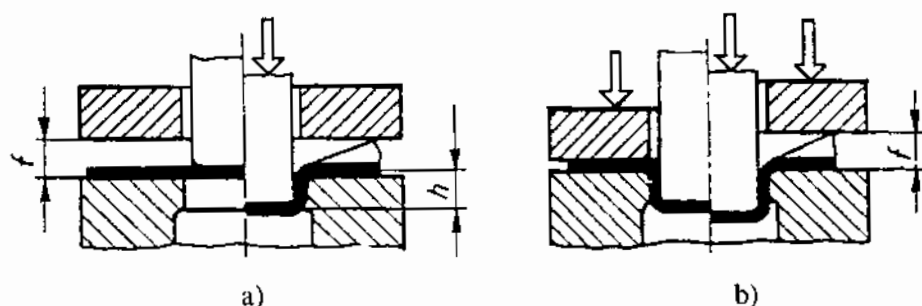
Dựa trên những cơ sở như vậy, V. I. Kazatrencô đã xác định được rằng: khi dập vuốt thủy-cơ, nếu tốc độ dập tăng lên, độ nhớt của chất lỏng tăng và kích thước của chi tiết dập vuốt tăng thì lực biến dạng sẽ tăng lên. Lực biến dạng sẽ giảm đi khi chiều dày của lớp chất bôi trơn tăng.

Áp lực của vành chặn được xác định bằng thực nghiệm đối với các điều kiện khác nhau của quá trình dập vuốt. Đối với thép 08 KΠ và thép 10 thì áp lực chặn từ $(4 \div 6)$ MPa khi mức độ dập vuốt $K_{v1} = 2,6$; $K_{v2} = 1,7$; $K_{v3} = 1,6$.

6.5. DẬP VUỐT XUNG

Dập vuốt xung được thực hiện trong khuôn có vành chặn đặc biệt, vành chặn này có chuyển động dao động (xung) dọc theo trục của chi tiết dập. Như vậy, ở thời điểm ban đầu quá trình dập vuốt xảy ra không có chặn phôi kèm theo sự xuất hiện những sóng nhân lớn (hình 6.11.a) và sau đó được nắn phẳng (là phẳng) phần vành bởi chuyển động dao động của vành chặn (hình 6.11.b). Trong chu kỳ dập vuốt không có chặn phôi, sẽ không có lực ma sát sinh ra do sự trượt của vành phôi đối với bề mặt làm việc của tấm chặn, do đó ứng suất kéo hướng kính của tiết diện nguy hiểm sẽ nhỏ hơn so với khi dập vuốt có chặn phôi. Quá trình dập vuốt với sự chủ định tạo thành sóng nhân và sau đó là phẳng phần vành là do sự sáng tạo

của E. S. Sizob và các cộng sự của ông. Khi dập vuốt với chặn xung, mức độ dập vuốt cho phép có thể đạt: $[K_v] = 2,5 \div 2,9$ và chiều cao của chi tiết sau một nguyên công (có nhiều bước) có thể lớn hơn từ $(2 \div 2,5)$ lần so với khi dập vuốt thông thường. Khi dập vuốt các chi tiết có dạng hình hộp thì phương pháp dập vuốt xung là có hiệu quả nhất, khi đó mức độ dập vuốt cho phép ở góc hộp có thể đạt: $[K_v] = (10 \div 12,5)$ trong khi phương pháp dập vuốt thông thường chỉ có thể đạt được $[K_v] = (2,9 \div 3,3)$. Điều đó cho phép giảm đáng kể số nguyên công dập vuốt, nếu cùng một chi tiết yêu cầu thì phương pháp dập vuốt xung có thể thay thế cho $(3 \div 4)$ nguyên công dập vuốt thông thường.



Hình 6.11. Các giai đoạn của quá trình dập vuốt xung:

a- giai đoạn đầu: sự xuất hiện của sóng nhân;

b- giai đoạn sau: nắn phẳng sóng nhân bởi vòng chặn.

Việc áp dụng phương pháp dập vuốt xung sẽ rất hợp lý khi chế tạo những chi tiết hình trụ có chiều dày tương đối của thành: $\bar{S}_0 = S/d_n \leq 0,03$. Khi đó, bán kính lượn mép làm việc của cối cần phải nhỏ hơn $2 \div 3$ lần so với khi dập vuốt thông thường. Giá trị bán kính lượn của cối có thể xác định theo công thức kinh nghiệm:

$$r_c = S \cdot (0,25 + \frac{0,5}{\sqrt{\bar{S}_0}}) \quad (6-4)$$

trong đó:

$\bar{S}_0 = S/d_n$ - chiều dày tương đối của thành chi tiết;

S - chiều dày vật liệu phôi;

d_n - đường kính trong của chi tiết = d_{ch} (đường kính chày).

Theo công thức (6-4) khi $\bar{S}_0 > S/d = 0,01 \div 0,03$ thì $r_c = (3 \div 6)S$.

Để có thể nắn phẳng hoàn toàn phần vành phôi và tạo điều kiện tốt nhất khi nó trượt tương đối với bề mặt tiếp xúc của dụng cụ thì phần làm việc của tấm chặn (mặt gương) cần phải có một phần vành phẳng với chiều rộng từ $3 \div 5$ mm, ngay sát đường bao trong của nó, phần còn lại của mặt gương được làm côn với góc nghiêng nhỏ: $0''30' \div 1''$.

Biên độ dao động của vành chặn f và hành trình đơn vị của chày h_{ch} sau một chu kỳ mạch động được xác định theo công thức:

$$f = 0,05 (K_v - 1) \cdot d_{ch}$$

$$h_{ch} = (0,1 \div 0,2) \cdot f$$

trong đó:

d_{ch} - đường kính của chày;

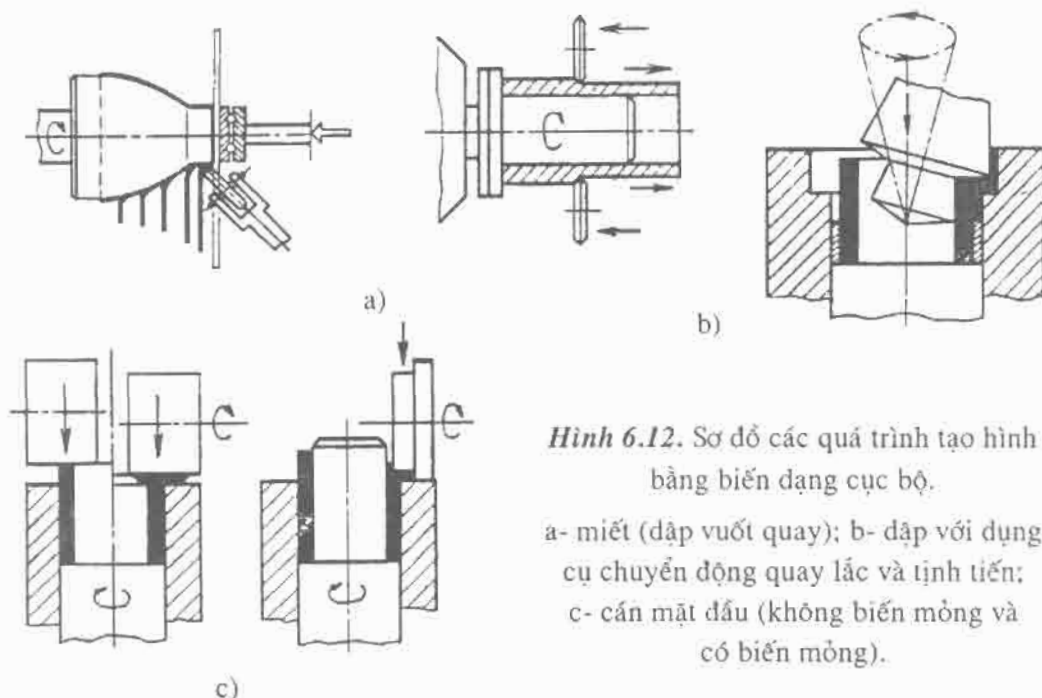
K_v - mức độ đập vuốt.

Khi đập vuốt xung thì lực xung được tạo bởi vành chặn cần phải lớn hơn $3 \div 4$ lần so với lực đập vuốt để kéo phôi vào trong cối bởi chày vuốt; bởi vì chỉ có như vậy mới có thể đảm bảo là phẳng được các sóng nhân xuất hiện theo chu kỳ ở phần vành phôi.

Để có thể đập vuốt xung, người ta thường sử dụng máy ép chuyên dùng, tác dụng kép có các lực danh nghĩa: 500/1000 kN; 1000/4000 kN và 2000/3000 kN, tương ứng với dầu trượt trong và dầu trượt ngoài của máy.

6.6. TẠO RA Ổ BIẾN DẠNG CỤC BỘ

Trong sản xuất hàng loạt và hàng loạt nhỏ, người ta thường sử dụng những phương pháp khác nhau để biến dạng dẻo kim loại. Thực chất của những phương pháp này là dụng cụ biến dạng (chày, cối, con lăn, quả cán) chỉ tiếp xúc với phôi trên một phần diện tích nhỏ (cục bộ) và tạo ra ổ biến dạng dẻo tại vùng tiếp xúc đó.



Hình 6.12. Sơ đồ các quá trình tạo hình bằng biến dạng cục bộ.

a- miết (đập vuốt quay); b- đập với dụng cụ chuyển động quay lắc và tịnh tiến; c- cán mặt đầu (không biến mỏng và có biến mỏng).

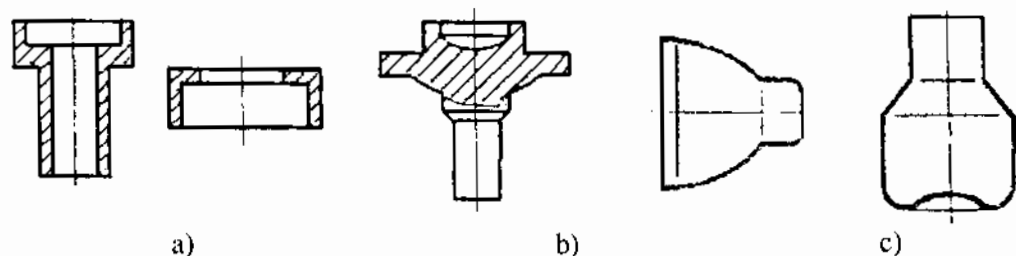
Ở biến dạng dẻo này liên tục di chuyển theo một quỹ đạo đã cho. Khi đó sẽ giảm được lực biến dạng, lực ma sát có hại, nâng cao độ bền của dụng cụ, đơn giản hoá kết cấu của nó. Điều đó tạo ra khả năng có thể sản xuất được các loại chi tiết lớn với các phương tiện nhỏ để chế tạo các trang thiết bị cỡ lớn.

Những phương pháp gia công kim loại thuộc loại này bao gồm: miết (dập vuốt quay); dập với dụng cụ chuyển động quay; cán mặt đầu và phần vành của phôi rỗng; cán răng của bánh răng; cán ren và rãnh then hoa v.v...

Khi miết (dập vuốt quay) phôi được quay cùng với dưỡng và trục tựa, còn dụng cụ ép dưới dạng con lăn (hoặc gậy miết) được dịch chuyển theo hướng tiếp tuyến với dưỡng (hình 6.12a). Khi dập với dụng cụ chuyển động quay thì phôi không quay, còn dụng cụ (chày hoặc cối) có chuyển động lắc và tiến dọc theo trục của chi tiết (hình 6.12b). Khi cán mặt đầu, phôi chuyển động quay xung quanh trục của nó, còn con lăn có trục được bố trí vuông góc với trục phôi, truyền áp lực lên mặt đầu của phôi làm cho phôi bị biến dạng (hình 6.12c).

Các dạng chi tiết điển hình được chế tạo bằng phương pháp gia công chuyển động quay, được biểu diễn trên hình 6.13. Độ chính xác kích thước của các chi tiết này tương ứng cấp 8÷11, còn độ nhẵn bề mặt đạt: $R_a = 5 \div 0,63$.

Năng suất khi gia công bằng phương pháp chuyển động quay thường thấp hơn so với năng suất khi dập trên máy ép (5 ÷ 10 chi tiết/ phút) trừ phương pháp cán ren và rãnh then không sâu trên các máy tự động chuyên dùng.



Hình 6.13. Các chi tiết được chế tạo bằng phương pháp biến dạng cục bộ:

a- cán mặt đầu; b- dập với dụng cụ chuyển động quay; c- miết.

Chương 7

CÁC PHƯƠNG PHÁP DẬP TẮM BẰNG XUNG LƯỢNG

7.1. DẬP BẰNG XUNG LƯỢNG CỦA CHẤT NỔ

Những phương pháp dập bằng năng lượng xung bao gồm:

- Dập bằng năng lượng của chất nổ,
- Dập bằng sự phóng điện trong chất lỏng (dập bằng xung điện thủy lực),
- Dập bằng xung lực của từ trường.

Phương pháp dập bằng năng lượng xung có thể thực hiện các nguyên công cắt, đột, các nguyên công tạo hình và những nguyên công uốn trong dập tấm.

Dập bằng năng lượng xung thường áp dụng cho sản xuất loạt nhỏ, bởi vì các trang thiết bị chỉ được sử dụng cho riêng từng trường hợp chi tiết cụ thể, chủ yếu quá trình dập thường được tiến hành trên cối cứng (không có chày).

Khi dập bằng năng lượng xung, ngoại lực (áp lực) tác dụng lên phôi trong một khoảng thời gian rất ngắn, thường được tính bằng một phần của mili giây. Vì vậy, công suất của năng lượng xung rất lớn. Đặc điểm xung được sử dụng như ngoại lực làm biến dạng dẻo phôi được kéo dài và sau đó kết thúc sự tác dụng của xung. Điều đó là do sự tác động của lực quán tính, xuất hiện trong quá trình truyền xung.

Đặc tính xung, tốc độ cao được sử dụng làm tải trọng để gia công phôi, chủ yếu là để cải thiện điều kiện biến dạng như: nâng cao nhiệt độ của ổ biến dạng, làm xuất hiện những lực quán tính có ích, làm giảm lực ma sát, cục bộ hoá ổ biến dạng. Tất cả những yếu tố đó, đều nhằm làm giảm lực biến dạng và cải thiện chất lượng của chi tiết dập. Ngoài ra, ưu điểm của dập bằng năng lượng xung là lượng kim loại sử dụng cho thiết bị nhỏ hơn so với lượng kim loại sử dụng cho các thiết bị tiêu chuẩn.

Ngày nay, với mức độ phát triển của công nghiệp chế tạo máy điện và chế tạo máy hoá cùng với sự phát triển mạnh mẽ của kĩ thuật tên lửa, liên quan mật thiết với việc gia công các loại vật liệu kim loại và hợp kim khó biến dạng, có độ bền cao và chịu nhiệt. Tất cả những yếu tố đó cùng với sự không ngừng tăng lên về mặt kích thước của các chi tiết máy và tên lửa mới được thiết kế đã thúc đẩy sự cần thiết đưa ra phương pháp gia công kim loại bằng áp lực dưới dạng xung, trong đó có phương pháp dập bằng năng lượng chất nổ. Ở Liên Xô phương pháp này đã được sử dụng từ năm 1949 tại học viện Hàng không Khacốp.

Khi dập bằng năng lượng của chất nổ, năng lượng sóng xung kích của chất nổ được truyền qua môi trường chất khí hoặc chất lỏng, lên phôi. Do đó phôi bị biến dạng dẻo theo

hình dạng của lòng cối đã được tính trước.

Ngoài ra, năng lượng của chất nổ còn được sử dụng để truyền động cho thiết bị đặc biệt, trong đó năng lượng của chất nổ được biến đổi thành động năng của một bộ phận chuyển động và do đó trở thành động năng của dụng cụ khuôn. Năng lượng của thuốc nổ BB, được nổ trong nước, bị phân tán giữa các lớp sóng va đập và được tạo ra khí cho nổ bằng bọt khí. Sóng va đập chỉ truyền một phần năng lượng của nó lên phôi và làm cho phôi bị biến dạng dẻo, phần năng lượng còn lại được phản xạ từ bề mặt phôi và sóng va đập lại chuyển động theo hướng ngược lại.

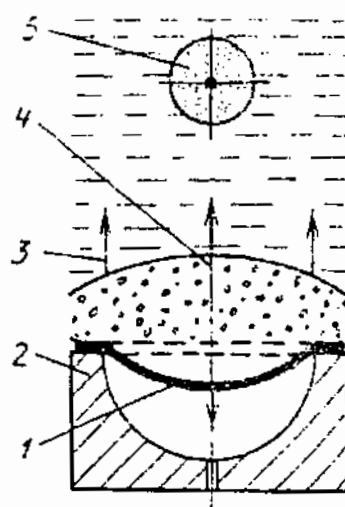
Sự thay đổi hướng chuyển động của sóng va đập gây ra hiện tượng một vùng khí bị xâm thực, trong đó xuất hiện một số lượng lớn bọt khí và các lỗ trống (hình 7.1). Thể tích của khối khí bị xâm thực có một năng lượng nhất định và làm cho phần năng lượng này được truyền vào phôi làm cho phôi tiếp tục bị biến dạng dẻo. Các bọt khí tăng lên dưới tác dụng của các sản phẩm dạng khí của quá trình nổ, gây ra luồng chất lỏng chuyển động theo hướng kính và cũng có khả năng làm cho phôi bị biến dạng.

Để dập bằng năng lượng của chất nổ, người ta thường sử dụng chất nổ tác dụng chậm và chất nổ tác dụng nhanh. Các loại hỗn hợp khí cháy và khí hóa lỏng là các loại thuốc nổ tác dụng chậm với nhiều loại khác nhau. Các loại chất nổ tác dụng nhanh như: trôtyl, nitorát amôniac và các hỗn hợp của chúng (amônit) v.v... Để chế tạo các chi tiết có kích thước lớn bằng kim loại tấm người ta thường sử dụng trôtyl, nó được coi là thuốc nổ tiêu chuẩn. Vì thế tất cả các thông số tính toán được coi là thực hiện với việc sử dụng chất nổ trôtyl.

Để kích nổ các chất nổ tác dụng chậm và chất nổ tác dụng nhanh, người ta thường sử dụng các chất kích nổ (kíp nổ) trong số đó có các chất nổ tác động cực mạnh (chẳng hạn như: fuminat thủy ngân $Hg(ONC)_2$; chì azit PbN_3 v.v...).

Việc cho nổ các ngòi nổ (kíp nổ) được thực hiện bằng dòng điện hoặc tác động cơ học: va đập vào kíp nổ.

Các chất nổ BB nói chung (hay trôtyl nói riêng) thường được đúc thành thỏi, hoặc nén ép, hoặc được hoá dẻo. Hình dạng của khối thuốc nổ tùy thuộc vào hình dạng của chi tiết dập và thực nghiệm được chọn (hình cầu, hình trụ, hình côn, tấm phẳng hoặc tấm đã đột lỗ v.v...).



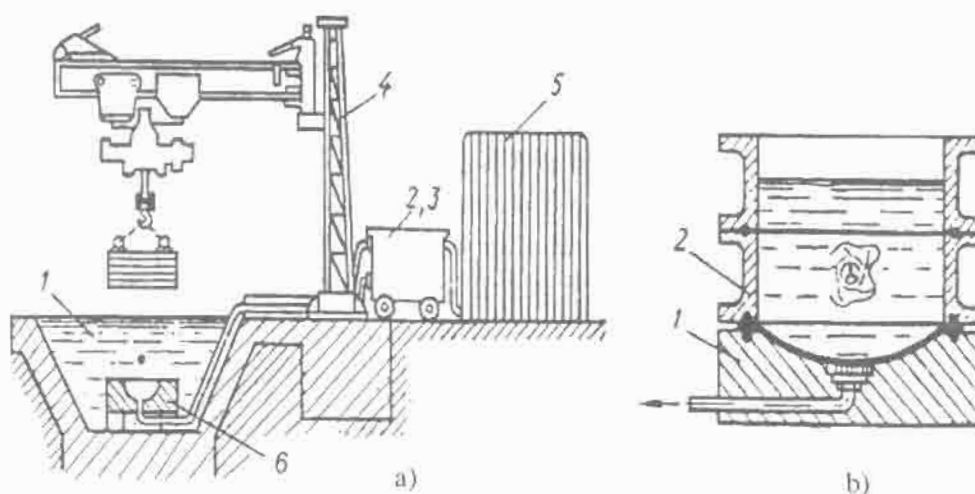
Hình 7.1. Sơ đồ truyền năng lượng chất nổ lên phôi:

- 1- phôi; 2. cối; 3. phản xạ của sóng va đập; 4- vùng khí bị xâm thực.

Các thiết bị đặc biệt được chế tạo và khai thác sử dụng để dập bằng năng lượng của chất nổ bao gồm hai dạng chính: thiết bị - khuôn và trang thiết bị - máy.

Thiết bị - khuôn được chia thành hai phần: phần cố định (như bể nước) và phần di động (các thiết bị trên mặt đất). Để có thể dập các chi tiết lớn, có đường kính 3000 mm hoặc lớn hơn người ta thường sử dụng thiết bị cố định dạng bể nước (hình 7.2a). Bể nước 1 được làm bằng bê tông cốt thép, mặt trong của bể được bọc một lớp thép tấm dày để phòng sự phá hủy thành bể. Trạm bơm hút chân không 2 nhằm để hút không khí ra khỏi hốc làm việc của cối và trạm bơm nước số 3 để bơm nước vào bể và bơm nước vào bồn chứa 5 khi cần thiết phải kiểm tra bể và làm sạch bể. Cản cầu nâng 4 dùng để lắp đặt cối 6 và phối dập.

Cối để dập bằng năng lượng của chất nổ thường được chế tạo bằng hợp kim kẽm, nhôm tái sinh, thép đúc v.v... Khi đường kính của chi tiết dập lớn hơn 2000 mm thì vật liệu có chất lượng để chế tạo cối là bê tông có vỏ bọc bằng kim loại. Bề mặt làm việc của cối như vậy sẽ được phủ một lớp thủy tinh dẻo hoặc epoxi.



Hình 7.2. Thiết bị để dập những chi tiết lớn (a) và chi tiết trung bình (b).

Trong những năm 60 của thế kỷ 20 ở Liên Xô, người ta đã đưa ra những phương pháp dập không cần bể nước, được thực hiện trực tiếp trong phân xưởng với bồn chứa bằng thép để dập bằng năng lượng của chất nổ, cho phép nâng cao được năng suất lao động do sử dụng được tay máy, cải thiện điều kiện lao động, nâng cao tuổi thọ của thiết bị.

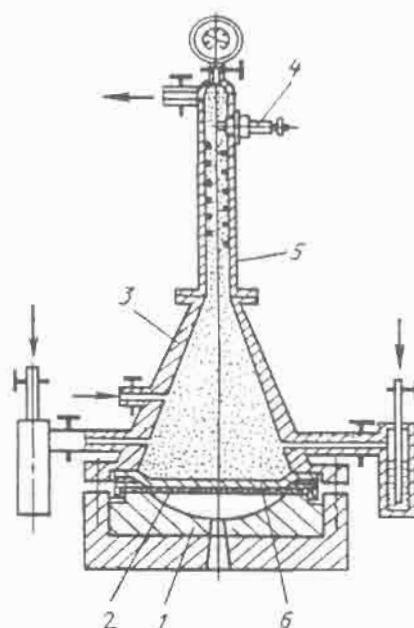
Dập bằng năng lượng của chất nổ, đặc biệt được sử dụng rộng rãi trong sản xuất loạt nhỏ và đơn chiếc. Khi dập các chi tiết có dạng dây nổi hơi, khoảng cách tối ưu từ khối chất nổ đến phối, vào khoảng $(0,3 \div 0,5)$ đường kính của chi tiết dập. Chiều cao của cột nước ở trên khối thuốc nổ bằng $(1,5 \div 2)$ lần khoảng cách từ khối thuốc đến phối. Nếu cột chất lỏng ở trên khối thuốc càng lớn, thì sự phụt nước ra khỏi bể càng nhỏ.

Các thiết bị di động trên mặt đất dạng nửa kín được sử dụng để dập các chi tiết có kích thước trung bình (hình 7.2b). Trong thiết bị này, phôi được đặt lên cối 1 và các vòng ống 2 sẽ ép lên mặt vành của phôi. Bên trong các ống đổ đầy nước và có khối thuốc nổ BB. Sau khi cho nổ khối thuốc, nước được tháo ra khỏi cối và chi tiết đã được dập xong. Khi dập các chi tiết không sâu, ở mặt dưới của các ống người ta kẹp một màng cao su. Trong trường hợp này chỉ cần đổ nước một lần, khi đặt phôi mới và tháo sản phẩm dập, người ta nhấc cả ống cùng với nước ra khỏi khuôn. Thay cho các ống 2 người ta có thể sử dụng các cốc bằng cactông để dập một lần.

Ngoài các chất nổ BB làm các phần tử mang năng lượng, người ta còn sử dụng các hỗn hợp khí khác nhau, bao gồm những thành phần dễ kiểm và rẻ tiền như: khí metan thiên nhiên hoặc hơi xăng trong hỗn hợp với oxy của không khí. Điều đó sẽ mở rộng phạm vi sử dụng phương pháp dập bằng chất nổ, bởi vì việc sử dụng các hỗn hợp khí không có liên quan đến những điều kiện đặc biệt, chẳng hạn như việc bảo quản chất nổ. Dự trữ năng lượng của các hỗn hợp khí không thua kém so với các chất nổ rắn (đối với khối lượng tương ứng bằng nhau), nhưng giá thành của một đơn vị năng lượng do chất khí thì thấp hơn nhiều so với giá thành khi sử dụng chất nổ BB.

Ở Liên Xô (cũ) người ta đã chế tạo một loại thiết bị để dập bằng năng lượng khi nổ các hỗn hợp khí. Sơ đồ kết cấu của một trong những thiết bị này được chỉ ra trên hình 7.3.

Nguyên lý làm việc của thiết bị như sau: sau khi kẹp phôi 2 lên cối 1, người ta cho vào trong buồng đốt 3 các thành phần của hỗn hợp khí với một tỷ lệ nhất định. Ngay sau đó đốt cháy hỗn hợp khí bằng các tia lửa do thiết bị đánh lửa 4 tạo ra. Do tác dụng của sóng tới và sóng phản xạ, phôi kim loại nhận được một lượng năng lượng nhất định dưới dạng xung, làm cho nó bị biến dạng dẻo và có hình dạng như hình dạng hốc làm việc của cối 1. Ảnh hưởng của âm thanh khi đó không đáng kể. Sau đó, người ta thổi sạch buồng đốt bằng không khí nén và thay phôi mới.



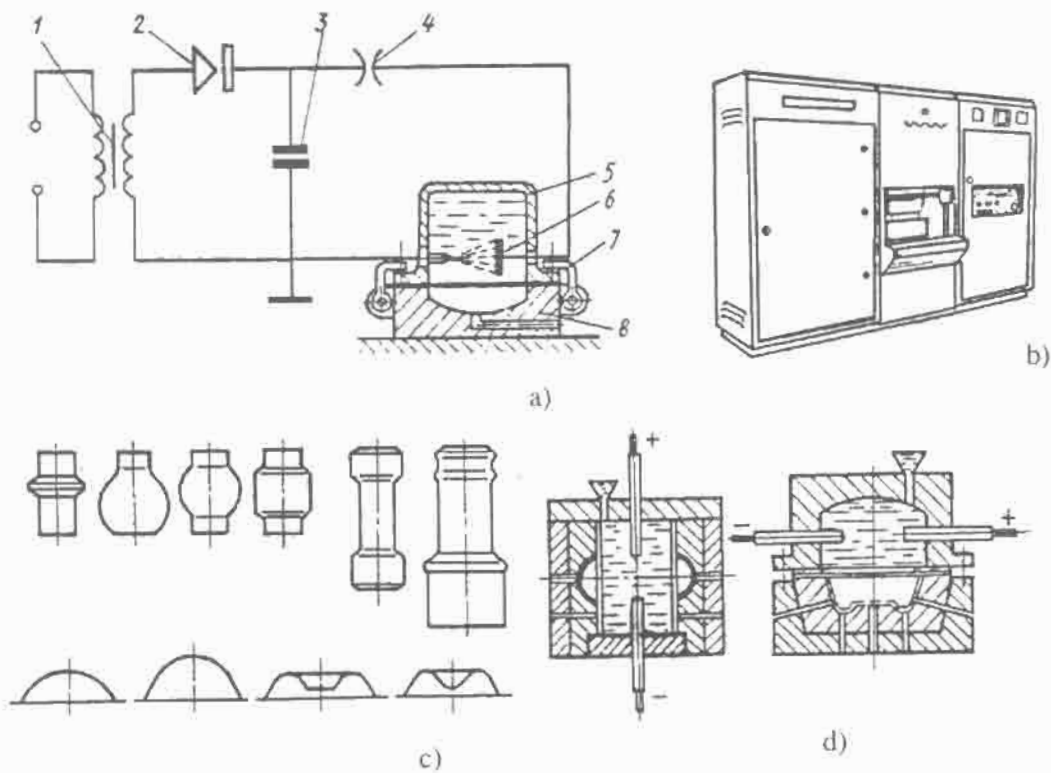
Hình 7.3. Sơ đồ thiết bị để dập bằng sự nổ các hỗn hợp khí.

7.2. DẬP BẰNG XUNG ĐIỆN THUYẾT LỰC

Bản chất của quá trình dập bằng xung điện thủy lực là sự tác động của sóng va đập

được gia tốc do sự phóng điện của các cung lửa điện trong chất lỏng, làm cho phôi biến dạng theo hình dạng của lòng cối cứng. Khi đó năng lượng xung điện cực mạnh biến thành năng lượng cơ học, gây ra sự biến dạng dẻo của phôi.

Sơ đồ nguyên lý của thiết bị để dập bằng xung điện thủy lực được chỉ ra trên hình 7.4a. Sơ đồ công nghệ bao gồm cối 8, bồn chứa nước 5, cơ cấu kẹp số 7 và các điện cực làm việc 6. Qua máy tăng áp 1 và bộ nắn điện cao áp 2, dòng điện dao động trong bộ tụ điện 3 với điện dung lớn. Tại đây diễn ra sự tích lũy năng lượng cho đến khi đạt được giá trị cần thiết. Sau đó có sự ngắn mạch giữa các điện cực của bộ phóng điện 4 tạo ra cung lửa điện. Do khe hở giữa các điện cực trong chất lỏng bị đánh thủng, tạo ra kênh dẫn điện cho sự phóng điện, một phần được diễn đạt do sự ion hoá chất khí.



Hình 7.4. a- Sơ đồ nguyên lý thiết bị để dập bằng xung điện thủy lực;
b- Hình dạng bên ngoài của thiết bị; c- Các dạng chi tiết điển hình được dập bằng phương pháp xung - điện thủy lực từ phôi phẳng và phôi ống;
d- Sơ đồ cụm làm việc khi dập phôi ống và phôi phẳng.

Sự thoát năng lượng nhanh trong rãnh dẫn điện dẫn đến sự nung nóng cực mạnh các phân tử trong đó và làm bay hơi tức thời các phân tử chất lỏng ở phần thành của nó. Những phân tử này bị phân ly và bị ion hoá. Do đó trong rãnh dẫn điện tạo thành các plasma mà

hiệt độ của nó có thể đạt 4.10^4 ($^{\circ}\text{K}$). Khi đó sự giãn nở tức thời của kênh dẫn điện trong chất lỏng sinh ra sóng va đập, tác dụng lên phôi và có thể tạo ra áp lực khoảng $100 \div 140$ GPa. Tùy theo bản chất và đặc điểm của dòng điện từ, phương pháp đập nổ bằng xung điện thủy lực có khả năng làm biến dạng hoặc cắt đột các loại vật liệu khác nhau.

Phương pháp đập bằng xung điện thủy lực cũng như các phương pháp đập bằng năng lượng của chất nổ có ưu điểm hơn là: nó cho phép biến dạng được các kim loại và hợp kim ít dẻo, khó biến dạng để nhận được các chi tiết có độ chính xác kích thước cao do biến dạng đàn hồi nhỏ; không cần phải sử dụng những thiết bị và khuôn hiện đại, to lớn, nặng nề và đắt tiền; có thể thực hiện biến dạng cục bộ các phôi rỗng bằng các xung hướng từ tâm phôi ra đường bao ngoài v.v...

Ưu điểm của phương pháp đập bằng xung điện thủy lực so với phương pháp đập bằng năng lượng của chất nổ là: có khả năng lặp lại xung điện một cách dễ dàng khi cần thiết mà không cần phải điều chỉnh lại cụm công nghệ; có thể tự động hóa quá trình đập và có thể sử dụng nó trong dây truyền công nghệ.

Người ta đã sử dụng hai phương pháp biến đổi năng lượng điện thành cơ năng: phóng điện qua khe hở trong chất lỏng và phóng điện qua dây dẫn. Trong trường hợp đầu các điện cực được tách ra bởi chất lỏng, còn trường hợp sau, các điện cực được nối với nhau bằng dây dẫn và được gọi là sự phóng điện bằng ngòi nổ. Việc sử dụng ngòi nổ để phóng điện đã cho phép giảm được điện áp làm việc và do đó việc cách điện của các điện cực đơn giản hơn. Điện áp làm việc khi phóng điện qua chất lỏng cần phải đạt khoảng $20 \div 30$ kV, trong khi phóng điện qua dây dẫn chỉ cần $4 \div 7$ kV. Dây dẫn để làm ngòi nổ có đường kính 2 mm bằng manhê, nhôm, vonfram hoặc các vật liệu khác. Nhược điểm chủ yếu của việc sử dụng ngòi nổ là cần phải thay thế sau mỗi lần đập, điều đó làm giảm năng suất và gây khó khăn cho việc tự động hoá quá trình đập.

Các chi tiết điển hình được đập bằng xung điện thủy lực từ phôi phẳng và phôi ống được chỉ ra trên hình 7.4c và các cụm công nghệ khi đập (hình 7.4d).

Khi đập bằng xung điện thủy lực có thể tạo được các chi tiết có hình dạng phức tạp với số nguyên công ít hơn so với khi đập bằng chày, cối thông thường trên máy ép. Sở dĩ như vậy là vì khi đập bằng xung điện thủy lực, áp lực được truyền lên phôi đồng đều hơn với tốc độ cao hơn so với khi đập trong khuôn cứng; biến dạng cục bộ nhỏ cho phép giảm được chiều dày của phôi trong nhiều trường hợp. Ngoài ra, đập bằng xung điện thủy lực còn cho phép chế tạo được những chi tiết có độ chính xác kích thước cao khi tinh chỉnh ở giai đoạn kết thúc quá trình tạo hình. Phương pháp đập bằng xung điện thủy lực có thể được sử dụng để chế tạo các chi tiết bằng cách tạo hình từ phôi ống, đập vượt các chi tiết có hình dạng phức tạp từ phôi phẳng, đập tạo hình gân, tinh chỉnh các chi tiết vỏ ô tô, lắp ghép các chi tiết bằng phương pháp đập (giãn rộng, ép v.v...) đột lỗ (phôi phẳng hoặc phôi ống); cắt hình các chi tiết và phôi từ tấm mỏng, tóp, giãn rộng v.v... Phương pháp đập bằng xung điện thủy lực

được sử dụng để lắp ghép các ống trong hệ thống ống dẫn của các thiết bị trao đổi nhiệt đặc biệt có hiệu quả. Có thể chế tạo các chi tiết rỗng có chiều dày thành đến 4 mm và kích thước vành đến 650 mm. Năng suất dập có thể đạt 60 chi tiết một giờ.

Dập bằng xung điện thủy lực được thực hiện trên các máy ép thủy lực chuyên dùng, trong đó lắp đặt cụm công nghệ. Máy ép để dập bằng xung điện thủy lực có năng suất cao và lớn nhất là loại máy П.Э.Г.100 có năng lượng phóng điện đến 100 kJ. Máy có thể dập được chi tiết phức tạp từ phôi phẳng có kích thước $1200 \times 900 \times 3$ mm. Tính chất vạn năng về công nghệ của máy được thể hiện ở chỗ có thể lắp đặt các điện cực của máy ở 10 vị trí khác nhau. Lực chặn của máy ép có thể điều chỉnh được vô cấp trong khoảng từ $0,5 \div 2,0$ MN. Chế độ làm việc của máy có thể ở chế độ điều chỉnh cũng như ở chế độ tự động.

Việc tính toán năng lượng của thiết bị điện thủy lực dẫn đến việc xác định năng lượng được tích lũy của bộ tụ điện cần thiết để biến dạng dẻo phôi:

$$A_{\text{tích lũy}} = C \cdot U^2/2 \quad (7-1)$$

trong đó:

C - điện dung của bộ tụ điện;

U - điện áp trên tụ điện.

Năng lượng tích lũy $A_{\text{tích lũy}}$ cần phải đảm bảo không nhỏ hơn năng lượng cần thiết để biến dạng phôi: $A_{b, \text{dạng}}$, có tính đến hiệu suất của thiết bị:

$$A_{b, \text{dạng}} \leq A_{\text{tích lũy}} \cdot \eta$$

Năng lượng biến dạng được xác định do kết quả của việc tính toán công nghệ.

7.3. DẬP BẰNG XUNG LỰC CỦA TỪ TRƯỜNG

Bản chất của quá trình dập bằng xung lực của từ trường là việc sử dụng lực cơ điện sinh ra do sự tác dụng tương hỗ của từ trường cảm ứng và phôi, chúng đẩy nhau với một tốc độ cao trong một khoảng thời gian rất ngắn. Sơ đồ nguyên lý thiết bị để dập bằng xung lực của từ trường tương tự như sơ đồ của thiết bị để dập bằng xung điện thủy lực mà chúng ta đã khảo sát ở hình trên (hình 7.4a). Sự khác biệt là ở cụm công nghệ, trong thiết bị để dập bằng xung điện của từ trường, nó bao gồm cốt (hoặc chày) và bộ cảm ứng. Tùy thuộc vào dạng nguyên công công nghệ và hình dạng của phôi bộ phận cảm ứng có thể là phẳng (nếu phôi phẳng) hoặc có dạng xôlênôit (nếu là phôi ống).

Khi có sự phóng điện của bộ tụ điện, trên bộ cảm ứng sẽ phát sinh từ trường công suất lớn xung quanh nó, hướng các đường sức của từ trường vào trong phôi kim loại. Sự tác dụng tương hỗ của từ trường cảm ứng và phôi tạo ra lực cơ học, có khả năng làm biến dạng phôi theo hình dạng của cốt (hình 7.5a, c) hoặc theo hình dạng của chày (hình 7.5b). Lực tác dụng của từ trường tỷ lệ với năng lượng được tích lũy trong bộ tụ điện. Sự phóng điện xảy ra

gần như tức thời $40 \div 50$ micro giây, khi đó phôi được gia tốc và biến dạng tức thời, tiếp xúc với dụng cụ, với tốc độ $200 \div 300$ m/s và áp lực lên phôi có thể đạt 2.10^6 GPa hoặc lớn hơn.

Những kim loại có độ dẫn điện cao (điện trở nhỏ) như: đồng đỏ, nhôm, đồng thau v.v... thì khả năng biến dạng tốt hơn so với các loại kim loại có độ dẫn điện thấp như: thép, titan v.v... Những kim loại có độ dẫn điện thấp có thể tạo hình bằng phương pháp xung lực của từ trường với điều kiện nó được mạ một lớp mỏng đồng đỏ hoặc nhôm; hoặc sử dụng tấm giấy kim loại bằng đồng đỏ hoặc nhôm để đệm lót giữa phôi và bộ phận cảm ứng.

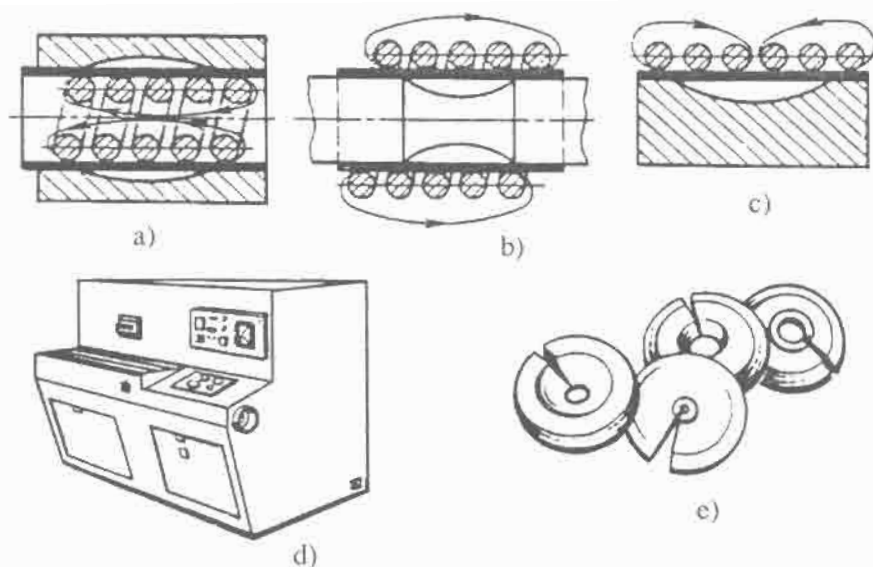
Một trong những bộ phận lắp ráp quan trọng nhất của cụm công nghệ là bộ phận cảm ứng. Người ta chế tạo bộ phận cảm ứng này bằng các ống, các tấm, băng hoặc các loại dây tiết diện tròn hoặc chữ nhật bằng đồng đỏ. Do mật độ dòng điện chạy theo đường xoắn ốc của bộ phận cảm ứng không đồng đều (dòng điện chạy chủ yếu ở phần vỏ ngoài của dây dẫn) nên bộ phận cảm ứng được làm bằng thép bọc một lớp kim loại có độ dẫn điện cao là hợp lý nhất. Bộ phận cảm ứng như vậy sẽ có độ bền cao hơn với những chỉ số điện cao.

Sự tỏa nhiệt xảy ra khi phóng điện làm cho bộ phận cảm ứng bị nung nóng. Vì vậy, để tăng tuổi thọ cho bộ phận cảm ứng, người ta thường làm rỗng để có thể làm nguội nó bằng dòng nước chảy bên trong. Bộ phận cảm ứng được lắp ghép trong một lớp vỏ thép đặc biệt và được bọc một lớp vật liệu cách điện có cốt là chất dẻo thủy tinh tấm keo epoxi.

Để tập trung lực tạo ra bởi từ trường vào một vùng riêng biệt nào đó của chi tiết dập, cũng như việc phân bố lực đồng đều hơn trên cuộn dây của bộ phận cảm ứng, người ta thường sử dụng những đĩa tập trung từ trường. Đó là những đĩa dạng khối có lỗ ở tâm và được chế tạo bằng vật liệu có độ dẫn điện tốt và có độ bền cao (chẳng hạn như đồng thanh berili). Những đĩa này được sê rãnh theo hướng kính để ngăn ngừa khả năng tạo thành dòng Фуко trong chúng (hình 7.5e). Những đĩa này có thể làm giảm dòng từ thông hoặc tăng cường độ của nó tại những chỗ cần thiết cho sự biến dạng của phôi.

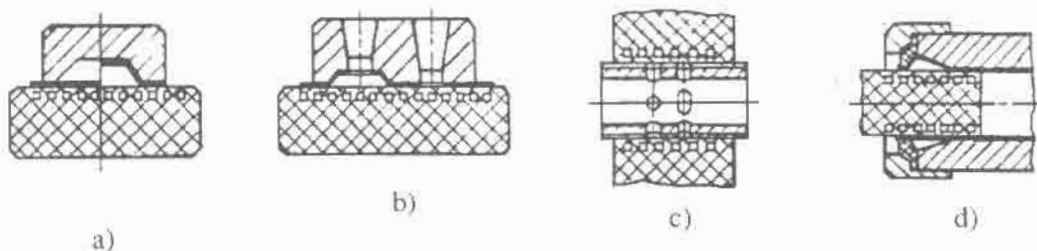
Thiết bị để dập bằng xung lực của từ trường bao gồm: buồng nạp điện, bộ tích lũy năng lượng và bàn điều khiển. Một trong số thiết bị này là máy dập: YМIII-15/5 có công suất 15 kJ với điện áp làm việc 5 kV. Máy này có thể dập các chi tiết từ phôi phẳng, có chiều dày 1,5 mm hoặc có thể đột lỗ có kích thước 150×150 mm (hình 7.5d). Máy Y3MIII-1 có công suất 40 kJ và điện áp làm việc 50 kV có thể tạo hình các đoạn ống có đường kính đến 1000 mm và chiều dài đến 1500 mm.

Việc tính toán năng lượng của thiết bị để dập bằng xung lực của từ trường cũng giống như khi dập bằng xung điện thủy lực, đều dẫn đến việc xác định năng lượng được tích lũy trong bộ tụ điện cần thiết để biến dạng dẻo phôi theo công thức (7-1). Tùy thuộc vào kết cấu của bộ phận cảm ứng và độ dẫn điện của phôi, hiệu suất của thiết bị để dập bằng xung lực của từ trường trong khoảng $3 \div 10\%$.



Hình 7.5. Sơ đồ thiết bị để dập bằng xung lực của từ trường:
a- dập giãn; b- tóp; c- dập vuốt; d- hình dạng bên ngoài
của thiết bị; e- đĩa tập trung từ trường.

Lĩnh vực sử dụng của quá trình dập bằng xung lực của từ trường khá rộng rãi. Có thể sử dụng với các nguyên công: cắt, đột, tạo hình bằng lắp ghép. Sơ đồ tạo hình của một số nguyên công: dập giãn, tóp (lắp ghép) và dập vuốt được biểu diễn trên hình (7.5a, b, c) và một số nguyên công khác trên hình 7.6.



Hình 7.6. Các nguyên công dập bằng
xung lực của từ trường:

- a- dập vuốt tạo hình;
- b, c- đột lỗ trên phôi phẳng và phôi ống;
- d- lắp ghép các chi tiết bằng dập giãn;
- e- tóp để ghép đường ống.

Phương pháp đập bằng xung lực của từ trường đặc biệt có hiệu quả khi chế tạo các chi tiết bằng kim loại và hợp kim ít dẻo, khó biến dạng; khi đột nhiều lỗ trên phôi ống và đập các chi tiết có hình dạng phức tạp; chẳng hạn như biđông có phần tiết diện nhỏ hoặc các chi tiết hình nón có đỉnh nhọn. Một ưu điểm không kém phần quan trọng của phương pháp đập bằng xung lực của từ trường là sự biến mỏng của phôi rất nhỏ, không đáng kể.

Đường kính lớn nhất của phôi có thể tạo hình trên máy đập bằng xung lực của từ trường có thể đạt đến 300 mm, phôi ống đến 200 mm với chiều dày thành ống 3,5 và 1,5 mm. Một số nhược điểm của phương pháp đập bằng xung lực của từ trường là: độ bền của bộ phận cảm ứng không cao; kích thước của máy lớn; cần phải có những thao tác chuẩn bị đặc biệt; việc điều chỉnh máy khá phức tạp; tiếng ồn lớn khi phóng điện v.v...

Một trong những phương pháp cho phép mở rộng lĩnh vực sử dụng phương pháp đập bằng xung lực của từ trường là đập qua môi trường đàn hồi. Bản chất của phương pháp này là dòng từ thông được tạo ra bởi bộ phận cảm ứng, xuất hiện không phải ở trong phôi mà là trong tấm kim loại trung gian di động được. Tấm kim loại này có độ dẫn điện cao, được đặt giữa bộ phận cảm ứng và đệm đàn hồi, nằm ở phía trên của phôi. Dưới tác dụng của xung lực từ trường, tấm kim loại trung gian dịch chuyển với tốc độ lớn về phía đệm đàn hồi, do đó sẽ xuất hiện trong nó sóng va đập và truyền lên phôi làm cho phôi bị biến dạng dẻo.

Một ưu điểm quan trọng của quá trình đập bằng xung lực của từ trường qua môi trường đàn hồi là khả năng đập được các phôi bằng kim loại đen có điện trở lớn mà không cần phải phủ đồng đỏ hoặc nhôm lên chúng và không cần phải sử dụng đệm vệ tinh. Sở dĩ như vậy là do dòng từ thông được tạo ra bởi bộ phận cảm ứng xuất hiện trong tấm kim loại trung gian di động có độ dẫn điện cao mà không phải ở trong phôi.

Chương 8

TÍNH TOÁN VÀ THIẾT KẾ KHUÔN DẬP TẤM

8.1. PHÂN LOẠI KHUÔN

Kết cấu của khuôn tùy thuộc vật liệu phôi ban đầu (tấm, dải hoặc băng); phụ thuộc vào nguyên công thực hiện; hình dạng và kích thước yêu cầu của chi tiết dập, độ chính xác kích thước yêu cầu và loạt sản xuất v.v... Vì thế, khuôn để dập tấm được phân loại theo một số đặc điểm sau:

- Theo đặc điểm công nghệ.
- Theo đặc điểm kết cấu.
- Theo đặc điểm sử dụng.
- Theo số lượng các nguyên công được thực hiện đồng thời sau một hành trình của máy.

Theo đặc điểm công nghệ: khuôn cắt hình, khuôn đột lỗ, khuôn uốn, khuôn dập vuốt, khuôn lên vành, khuôn tóp v.v...

Theo đặc điểm kết cấu các khuôn thường được phân loại dựa vào hình dạng của bộ phận dẫn hướng để đảm bảo khe hở đồng đều giữa chày và cối. Ví dụ:

- + khuôn có dẫn hướng dạng tấm;
- + khuôn có dẫn hướng dạng trụ và bạc.
- + khuôn có dẫn hướng dạng pitstôn v.v...

Khi sử dụng các phôi là phế liệu (chẳng hạn phế liệu sau khi dập các chi tiết lớn) thì người ta thường sử dụng các khuôn không có dẫn hướng (còn gọi là khuôn hở) có bộ phận gỡ phế liệu vạn năng được kẹp vào phần trên của khuôn. Các xilanh được sử dụng như là bộ phận dẫn hướng khi cắt hình các chi tiết không lớn (có kích thước ≤ 50 mm) với độ chính xác được nâng cao, chẳng hạn trong công nghiệp sản xuất đồng hồ.

Theo đặc điểm sử dụng, khuôn được phân loại dựa vào phương pháp lấy chi tiết và gỡ phế liệu ra khỏi khuôn. Nếu kích thước tiết diện ngang của chi tiết (hoặc phế liệu khi đột lỗ) nhỏ hơn kích thước lỗ của bàn máy thì chi tiết (hoặc phế liệu) được đẩy qua lỗ của bàn máy, khuôn như vậy được gọi là khuôn dập cho chui qua. Khi kích thước của chi tiết lớn hơn kích thước của lỗ bàn máy thì sau khi dập chi tiết phải đẩy ngược lên mặt cối, sau đó nó được lấy ra khỏi khuôn bằng tay hoặc cơ cấu tự động. Phế liệu kim loại khi dập từ phôi dải được gỡ ra khỏi khuôn bằng cơ cấu gỡ, còn khi dập các chi tiết lớn từ phôi tấm thì sau khi dập phế liệu được cắt ra thành các phần nhỏ bằng lưỡi cắt chuyên dùng được gắn vào bề mặt của chày.

Sau đó việc lấy phế liệu ra khỏi khuôn được thực hiện bằng tay hoặc cơ cấu tự động.

Theo số nguyên công được thực hiện đồng thời sau một hành trình của máy, các khuôn dập tấm được chia thành khuôn đơn giản và khuôn liên hợp.

Khuôn đơn giản thực hiện một nguyên công còn khuôn liên hợp thực hiện đồng thời một số nguyên công.

Khuôn liên hợp lại được chia thành khuôn liên tục và khuôn phối hợp. Khuôn liên tục là khuôn có sự kết hợp của hai hay nhiều nguyên công trên cùng một khuôn nhưng việc chế tạo chi tiết được thực hiện sau một số hành trình của máy với sự dịch chuyển tuần tự của phôi từ vị trí của cặp chày – cối này đến vị trí của cặp chày – cối khác, sau khi hoàn chỉnh chi tiết được cắt ra khỏi phôi. Khuôn phối hợp là sự kết hợp hai hoặc nhiều nguyên công trên cùng một khuôn, việc hoàn thành chi tiết chỉ sau một hành trình của máy và không có sự dịch chuyển phôi giữa các bước.

Khuôn phối hợp - liên tục là sự kết hợp cả hai phương pháp trên. Đôi khi đối với các chi tiết nhỏ người ta còn làm khuôn có nhiều dãy chày - cối, khi đó sau mỗi hành trình của máy chúng ta có thể nhận được một số chi tiết (trừ một số hành trình ban đầu). Khuôn phối hợp - liên tục có sự kết hợp các phần tử của khuôn tác dụng liên tục và khuôn phối hợp.

Khuôn dập tấm còn được chia thành khuôn chuyên dùng và khuôn vạn năng, được dùng để chế tạo một số loại chi tiết khác nhau.

Trong nhóm khuôn đặc biệt còn chia thành các khuôn dùng cho sản xuất loạt nhỏ, chẳng hạn như khuôn chuyên dùng và khuôn vạn năng. Khuôn vạn năng dễ dàng điều chỉnh để dập các chi tiết theo các phần tử, còn khuôn vạn năng lắp ghép được tập hợp từ những bộ chi tiết và những đơn vị lắp ráp có sẵn. Khuôn chuyên dùng có kết cấu đơn giản (dạng tấm kẹp hoặc như cái díp, dạng phiến lá, lưới kéo cắt, tổ hợp ...) và những khuôn bằng vật liệu dễ gia công (ví dụ như kẽm - chì, gỗ cứng, hoặc pôliurêtan v.v...).

Những dấu hiệu chủ yếu được qui định trên cơ sở phân loại khuôn được sử dụng khi xác định tên gọi đầy đủ của khuôn phản ánh những đặc điểm của nó. Ví dụ: “khuôn tác dụng đơn để đột lỗ” hoặc “khuôn tác dụng phối hợp để cắt hình-dập vuốt và đột lỗ” v.v...

8.2. PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ KHUÔN

Để có thể thiết kế được khuôn cần phải có những số liệu ban đầu chủ yếu như sau:

- Sơ đồ của qui trình công nghệ dập chi tiết.
- Bản vẽ bán thành phẩm ở các nguyên công khi dập qua nhiều nguyên công.
- Sơ đồ xếp hình vật liệu.
- Kế hoạch sản xuất chi tiết hàng năm.
- Điều kiện kỹ thuật nghiệm thu.

- Các thông số kỹ thuật của thiết bị.
- Các tiêu chuẩn.
- Các định mức của ngành chế tạo máy về chi tiết và các đơn vị lắp ráp của khuôn.
- Các thông tin về trang bị cơ sở dụng cụ để chế tạo khuôn (chẳng hạn có các máy phay, máy doa toạ độ, các thiết bị để gia công các chi tiết bằng vật liệu hợp kim cứng v.v...).

Phương pháp thiết kế khuôn bao gồm những công việc sau:

- Phân tích và chọn sơ đồ kết cấu của khuôn tùy thuộc vào kế hoạch sản xuất sản phẩm, độ chính xác kích thước của chi tiết và những đặc điểm của thiết bị ép (dạng máy ép, lực danh nghĩa, chiều cao kín của máy v.v...).
- Lựa chọn các chi tiết và các bộ phận lắp ráp của khuôn, hình dạng và kích thước của các chi tiết này được qui định theo tiêu chuẩn (đế khuôn, chày, cối, trụ và bạc dẫn hướng, cuống khuôn v.v...).
- Tính toán kiểm nghiệm về độ bền, độ ổn định và độ cứng của các chi tiết chịu tải lớn nhất của khuôn.
- Xác định trung tâm áp lực của khuôn (trùng với trục cuống khuôn).
- Lựa chọn phương pháp cấp phôi vào khuôn, định vị bước cấp phôi khi đập từ phôi dài.
- Lựa chọn phương pháp tháo gỡ chi tiết hoặc phế liệu ra khỏi khuôn.
- Lựa chọn phương pháp kẹp chặt các chi tiết khuôn vào đế khuôn (gỡ định vị, kẹp chặt bằng bulông có chốt định vị ...).
- Lựa chọn giới hạn của vùng nguy hiểm, sử dụng thiết bị có bảo vệ hai tay.
- Phối hợp các kích thước của khuôn và máy ép về chiều cao kín, kích thước lỗ đầu trượt, kích thước lỗ bàn máy v.v...
- Bố trí và phối hợp bản vẽ lắp của khuôn ở vị trí kết thúc quá trình làm việc.
- Chi tiết hoá các chi tiết khuôn.

Việc thiết kế các chi tiết khuôn, tốt hơn hết là nên bắt đầu từ việc bố trí các chi tiết làm việc của khuôn (cụm khuôn), bố trí trụ dẫn hướng trên bề mặt đế dưới, sau đó có thể chính xác hoá các kích thước và phối hợp chúng với các tiêu chuẩn đã có.

Khi tính toán và kết cấu khuôn người ta thường sử dụng các tiêu chuẩn nhà nước đối với các chi tiết tiêu chuẩn: cụm đế khuôn; trụ; bạc dẫn hướng; bulông v.v...

Khi xác định độ chính xác kích thước của khuôn và các chỉ tiêu chất lượng khác của nó người ta thường căn cứ vào các tiêu chuẩn nhà nước qui định về mức độ chính xác của khối khuôn và các qui định về điều kiện công nghệ để nghiệm thu khuôn.

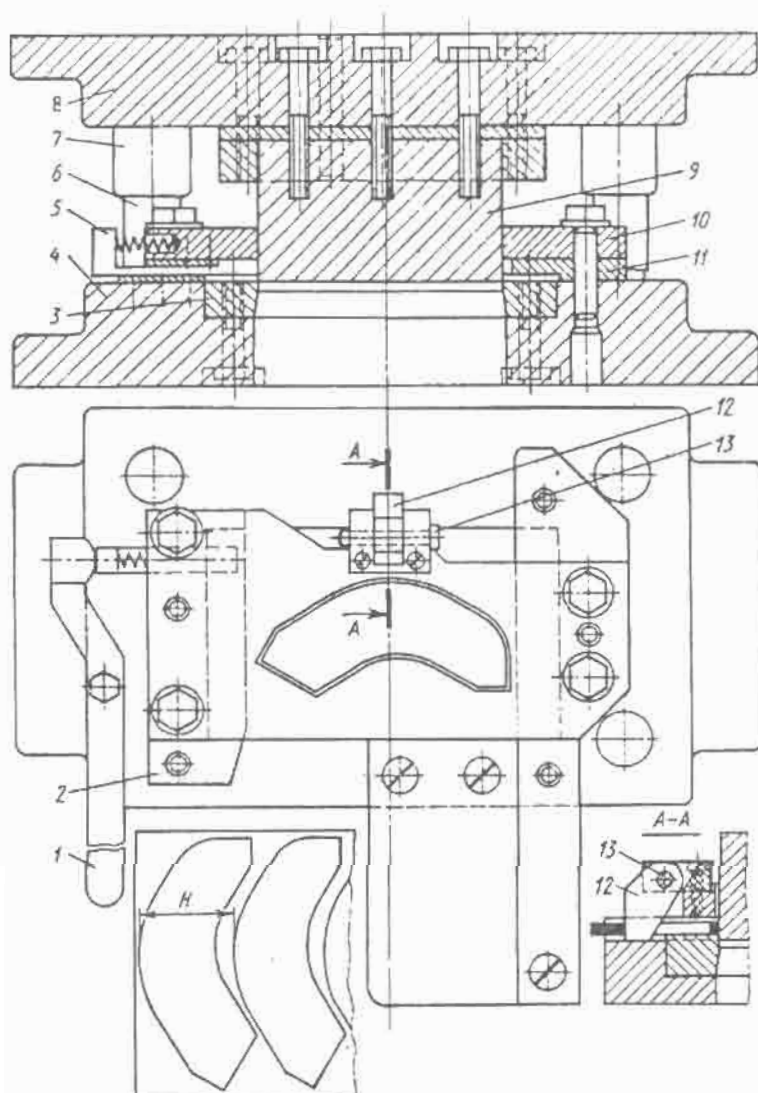
8.3. CÁC KẾT CẤU KHUÔN ĐIỂN HÌNH

8.3.1. Khuôn cắt - đột

Kết cấu của khuôn để cắt - đột có nhiều dạng rất khác nhau. Tuy nhiên, các chi tiết chủ yếu và các cụm lắp ráp của khuôn có nhiều điểm chung về sự bố trí sắp xếp và phối hợp giữa chúng.

Chúng ta hãy khảo sát một số dạng khuôn chủ yếu để cắt-đột bao gồm: khuôn đơn giản, khuôn liên tục và khuôn phối hợp.

Trong khuôn đơn giản, sau một hành trình của máy có thể dập được một hoặc một vài chi tiết (phôi) với một bước chuyển vật liệu.



Hình 8.1. Khuôn để cắt hình chi tiết từ kim loại tấm mỏng.

Đặc điểm đặc biệt của khuôn để cắt-đột, được sử dụng trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối là có trụ và bạc dẫn hướng nhằm đảm bảo sự định hướng tương ứng giữa chày và cối, đồng thời đảm bảo cho khe hở giữa chúng được đồng đều trên toàn bộ đường bao của chày và cối.

Chúng ta hãy khảo sát một bộ khuôn để cắt hình một chi tiết từ phôi tấm mỏng (hình 8.1). Trụ dẫn hướng 6 của khuôn được lắp chặt vào đế dưới 4 còn bạc dẫn hướng 7 được lắp chặt vào đế trên 8. Do kích thước của chi tiết cắt hình nhỏ hơn kích thước lỗ bàn máy nên cối cắt hình 3 được kẹp chặt trên đế dưới 4 của khuôn. Để dẫn hướng cho dải phôi trong vùng làm việc của khuôn, người ta sử dụng hai tấm dẫn hướng 2 và 11. Trong tấm dẫn hướng số 2 có lắp cỡ phôi số 5, cỡ phôi này được dẫn động nhờ tay đòn 1. Tấm gỗ cứng 10 phủ lên trên bề mặt cối và các tấm dẫn hướng phôi, nó có tác dụng gỡ phần phế liệu của dải phôi ra khỏi chày 9 khi nửa khuôn trên dịch chuyển lên phía trên cùng với đầu trượt của máy. Bước cấp phôi không đổi được đảm bảo nhờ có cỡ di động 12. Khi đưa dải phôi vào trong khuôn, chạm vào cỡ số 5, nhất định đầu tiên sẽ được thực hiện sau đó tác động vào tay đòn 1 để kéo cỡ số 5 ra ngoài tấm dẫn hướng 2 và đẩy phôi ra cỡ 12, khi đó cỡ 12 sẽ quay xung quanh trục 13 để cho dải phôi chui qua và sau đó nó lại hạ xuống vào trong phần lỗ của dải phôi đã được cắt. Khi kéo dải phôi về phía trước, mạch nối của dải sẽ tì vào cỡ 12, đảm bảo được bước cắt yêu cầu.

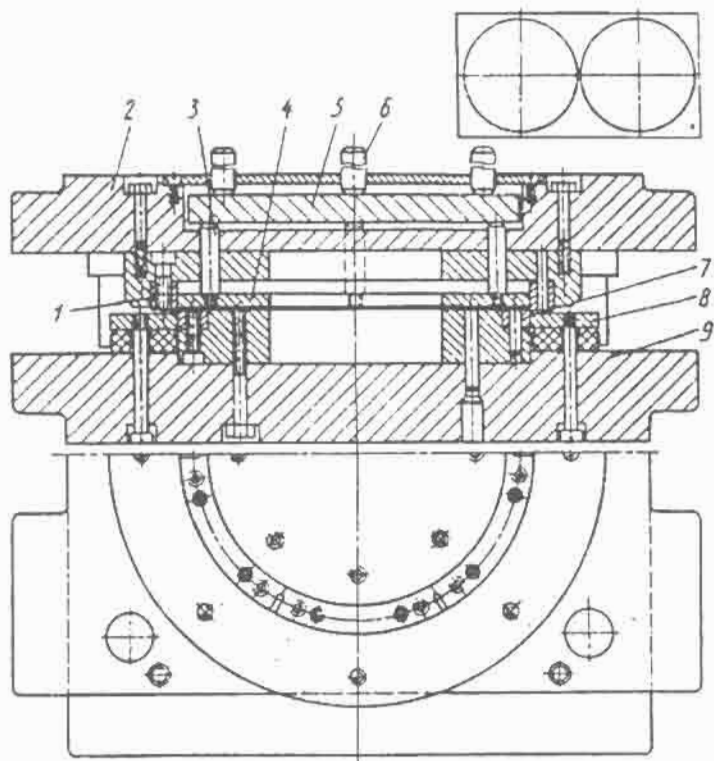
Nếu kích thước của chi tiết dập (hoặc phôi) lớn hơn kích thước lỗ bàn máy, khi đó chi tiết (hoặc phôi) không thể rơi qua lỗ bàn máy. Trong trường hợp này, cối cắt hình thường được lắp ở đế trên của khuôn (hình 8.2), còn chày và tấm gỡ phế liệu được lắp ở đế dưới của khuôn. Khi nửa khuôn trên đi lên, việc đẩy chi tiết ra khỏi cối được thực hiện bởi tấm đẩy cứng 4, thông qua các chốt đẩy 3, tấm 5 và các chốt 6.

Cối và chày để cắt hình các chi tiết có kích thước lớn thường được ghép từ nhiều mảnh riêng biệt, được kẹp chặt lên đế khuôn bằng bulông và được định vị bằng các chốt định vị. Sở dĩ như vậy là để thuận lợi cho việc chế tạo và nhiệt luyện, cũng như việc thay thế từng phần khi bị hỏng.

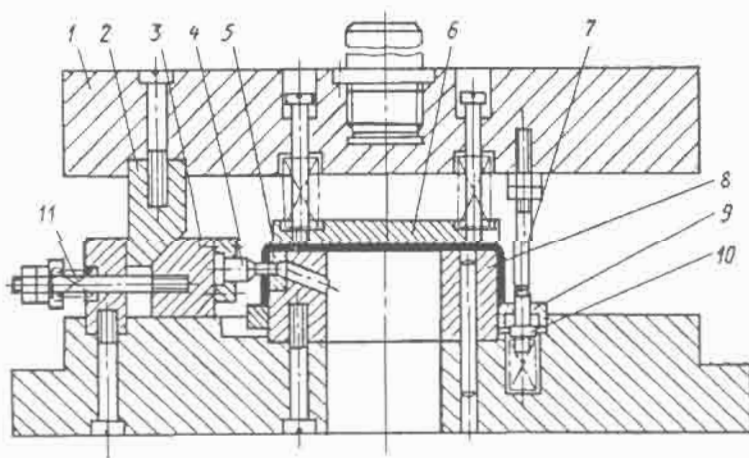
Nếu cần phải đột các lỗ ở mặt bên của các chi tiết rỗng có đường kính lớn (chẳng hạn ở thành các chi tiết dập vuốt hoặc chi tiết uốn) mà các lỗ lại bố trí ở gần đường uốn hoặc sát đáy của chi tiết, thì người ta thường sử dụng các khuôn có chày nằm ngang. Khi đó, chuyển động của chày được thực hiện bằng các thanh chêm (hình 8.3). Trước khi đột lỗ, phôi rỗng được đặt vào lõi 8, các cối đột 5 được kẹp vào lõi 8, tương ứng với các vị trí của chày đột và thanh chêm.

Khi đầu trượt đi xuống cùng với nửa khuôn trên, chốt đẩy số 7 tỳ vào chốt 10 làm cho lò xo đẩy bị nén lại và tấm gỡ 9 tụt xuống phía dưới để cho phôi có thể ép sát vào lõi 8 nhờ tấm chặn 6. Sau đó chêm 2 tác động vào gá chày 3 làm cho gá chày (có gá chày 4) chuyển động về phía cối thực hiện quá trình đột lỗ. Khi đầu trượt đi lên, lò xo 11 sẽ kéo gá chày 3

về vị trí ban đầu, giải phóng chày ra khỏi lỗ cối, đồng thời tấm gỗ 9 đẩy chi tiết ra khỏi lõi 8. Chú ý rằng lò xo 11 cần phải có lực kéo đủ lớn để thắng được trở lực sinh ra do khả năng tạo thành ba vĩa lăm cho chày dính chặt trong cối.



Hình 8.2. Khuôn để cắt phôi hình tròn có đường kính lớn.



Hình 8.3. Khuôn đục các lỗ ở mặt bên của chi tiết rỗng.

Lực của máy ép P_m cần thiết để đột các lỗ trên khuôn có dẫn động bằng chêm được xác định theo công thức:

$$P_m = P_d \cdot \frac{\operatorname{tg} \gamma + 2\mu}{1 - 2\mu \operatorname{tg} \gamma}$$

trong đó:

γ - góc của chêm so với phương thẳng đứng;

μ - hệ số ma sát;

P_d - lực công nghệ khi cắt đột.

Lực của máy P_m có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn so với lực công nghệ P_d . Khi $P_m = P_d$ tang của góc chêm được xác định theo công thức:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{1 - 2\mu}{1 + 2\mu}.$$

Nếu như $\mu = 0,13$ thì lực của máy ép sẽ bằng lực công nghệ ($P_m = P_d$) khi $\gamma = 30^\circ$. Khi tăng góc chêm γ thì lực của máy ép P_m cũng tăng lên.

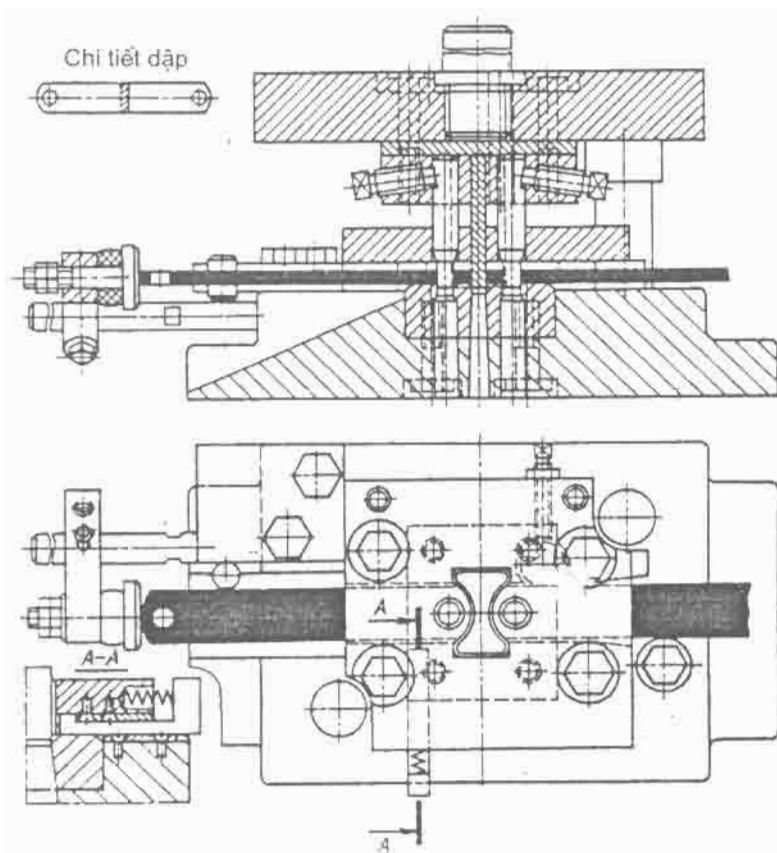
Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, để nâng cao năng suất lao động người ta thường sử dụng khuôn liên tục và khuôn phối hợp.

Trong khuôn liên tục quá trình dập chỉ tiết được thực hiện sau một số bước với các cặp chày cối khác nhau và có sự dịch chuyển phối một cách tuần tự từ vị trí này sang vị trí khác tương ứng với các bước dập.

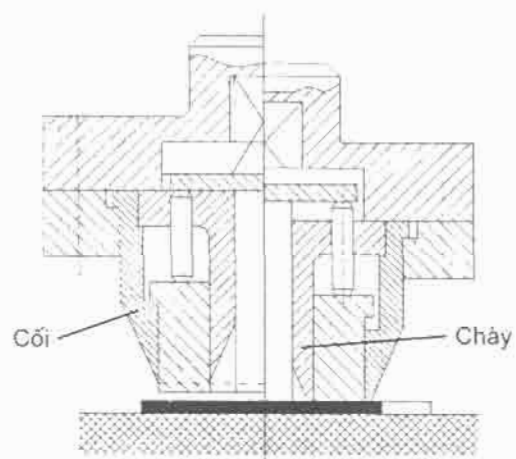
Trên hình 8.4 là một bộ khuôn phối hợp - liên tục để cắt dài và đột 2 lỗ. Trong khuôn này, sau mỗi hành trình của máy (trừ hành trình đầu tiên) ta nhận được một chi tiết dạng má xích của băng tải. Khuôn có cơ cấu gỗ cứng; một cử phối di động cho nhát dập đầu tiên và một cử phối có thể điều chỉnh được cho các nhát dập sau. Việc cắt hình và đột lỗ các chi tiết bằng vật liệu phi kim loại (da, cao su, phíp v.v...) được thực hiện bằng các khuôn đột có kết cấu đặc biệt (hình 8.5).

Đặc điểm của loại khuôn này là các chi tiết làm việc (cối cắt hình và chày đột lỗ) không có từng cặp mà chỉ có một chi tiết, mép làm việc của chày và cối được mài sắc như lưỡi dao. Để có thể cắt hoặc đột, phối được đặt trên một tấm gỗ cứng hoặc tấm chất dẻo. Góc sắc của chày hoặc cối tùy thuộc vào loại vật liệu cần cắt, có giá trị từ 8° đến 45° .

Khuôn cắt vật liệu phi kim loại được kẹp chặt lên đầu trượt bằng cuống khuôn, còn tấm kê được kẹp lên bàn máy. Khi vật liệu dập được đặt lên tấm kê, đầu trượt đi xuống và mép sắc của cối và chày sẽ ép sát vào tấm vật liệu, tách vật liệu theo đường bao của cối và chày, tạo thành chi tiết. Khi đó tấm đẩy sẽ bị nén lại. Khi đầu trượt đi lên, dưới tác dụng của lực lò xo, tấm đẩy sẽ đẩy chi tiết cắt ra khỏi cối và phế liệu ra khỏi chày.



Hình 8.4. Khuôn phối hợp - liên tục để cắt dải và đột hai lỗ.



Hình 8.5. Khuôn phối hợp để cắt hình và đột lỗ vật liệu phi kim loại.

8.3.2. Khuôn để cắt hình và đột lỗ chính xác

Khuôn để cắt hình, đột lỗ chính xác và gọt về mặt kết cấu cũng tương tự như khuôn để cắt hình và đột lỗ thông thường. Điểm đặc biệt của khuôn cắt hình, đột lỗ chính xác là quá trình gia công phôi được thực hiện sau khi phôi đã được nén trước giữa các bộ phận làm việc của khuôn (chẳng hạn giữa chày và bộ phận đẩy, hoặc giữa tấm gõ và cối). Điều đó cho phép có khả năng loại trừ sự uốn phôi trong quá trình dập và thực hiện quá trình xam bằng đẩy “cứng”.

Về kết cấu, khuôn cắt hình và đột lỗ chính xác có đường kính trụ dẫn hướng lớn hơn (so với khuôn thông thường) và thường được bố trí theo đường chéo hoặc trên trục đối xứng của đế khuôn. Ngoài ra đầu cương khuôn có dạng hình nấm có khả năng tự lựa.

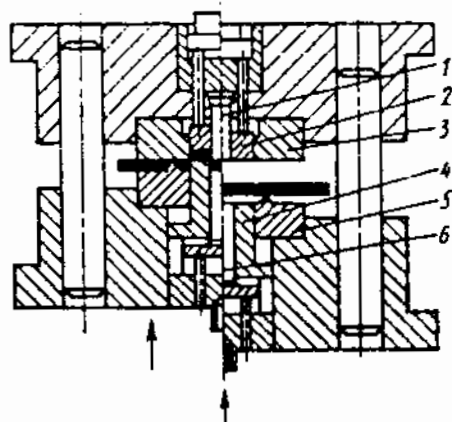
Trong khuôn cắt hình và đột lỗ chính xác, do khe hở giữa chày và cối rất nhỏ nên người ta thường sử dụng bạc dẫn hướng có vòng cách bằng bi. Điều đó có thể cho phép loại trừ khả năng cong vênh tấm đế và nâng cao độ chính xác dẫn hướng cho dụng cụ.

Chất lượng của các chi tiết được gia công trong các khuôn gọt chính xác tùy thuộc vào phương pháp định vị phôi trên mép làm việc của dụng cụ, cần phải đảm bảo cho lượng dư để gọt được phân bố một cách đồng đều theo đường bao chi tiết. Việc định vị phôi ở trong khuôn thường dựa vào các lỗ trong chi tiết phôi, nếu trong chi tiết không có các lỗ có sẵn thì người ta có thể đột các lỗ công nghệ. Việc định vị phôi theo đường bao ngoài chỉ sử dụng trong trường hợp khi không thể đột được các lỗ công nghệ trong chi tiết hoặc không cho phép về mặt kết cấu.

Khuôn cắt hình và đột lỗ chính xác về mặt kết cấu có thể chia thành khuôn có chày chuyển động (hoặc chày + cối chuyển động). Loại khuôn này được sử dụng để dập các chi tiết không đối xứng, có kích thước nhỏ (đến 60 mm). Loại thứ hai được sử dụng để dập các chi tiết lớn hơn. Khuôn để cắt hình chính xác được thiết kế đối với các máy ép tác động kép.

Khuôn có chày - cối chuyển động để dập chi tiết vòng đệm được biểu diễn trên hình 8.6.

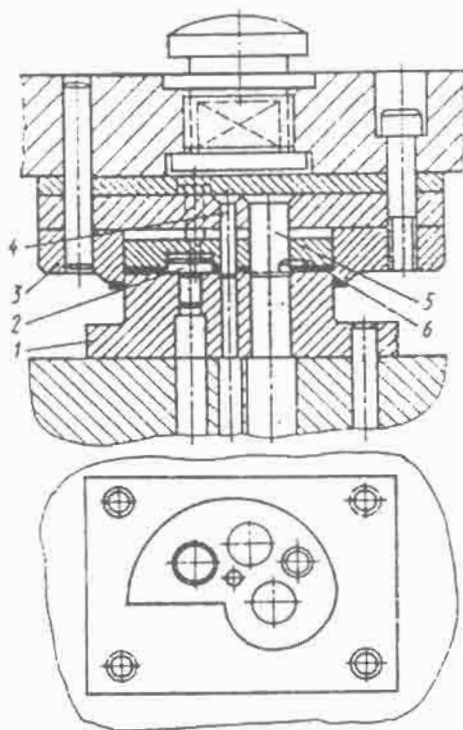
Trong khuôn chỉ ra trên hình 8.6, phôi dài ban đầu được ép lên cối 3 bởi tấm chặn 5 có gân hình nêm, sau đó chày-cối 4 chuyển động lên phía trên và thực hiện quá trình cắt-đột, thắng được trở lực của các chốt đẩy 2 và 6. Khi nửa khuôn dưới đi xuống, phần phế liệu được giải phóng khỏi áp lực chặn của tấm chặn 5, còn chi tiết đã được cắt và phần phế liệu ở bên trong sẽ được đẩy ra khỏi khuôn bởi các chốt đẩy 2 và 6; sau đó chúng



Hình 8.6. Khuôn có chày-cối chuyển động để dập chính xác chi tiết vòng đệm.

được lấy ra ngoài bởi các vòi khí nén.

Khuôn tác dụng phối hợp để gọt biên dạng ngoài của chi tiết và 3 lỗ bên trong nó được chỉ ra trên hình 8.7. Trong khuôn này việc gọt biên dạng ngoài của chi tiết được thực hiện bởi cối 3, còn việc gọt các lỗ được thực hiện bởi các chày 4 và 5. Phôi được đặt lên chày-cối 1 và được định vị bởi hai lỗ công nghệ nhờ các chày định vị 2. Để tránh nhầm lẫn và sai lệch khi đặt phôi lên khuôn thì các lỗ công nghệ (và các chày định vị) cần phải có kích thước đường kính khác nhau. Sau khi gọt, ở cuối hành trình làm việc, chi tiết sẽ được nắn phẳng giữa cối-chày 1 và tấm đáy 6. Phế liệu kim loại sau khi gọt lỗ được rơi qua các lỗ của cối-chày, còn phế liệu khi gọt biên dạng ngoài của chi tiết sẽ rơi ra và còn lại ở xung quanh cối-chày, chúng sẽ được thổi ra khỏi khuôn nhờ không khí nén theo chu kỳ.



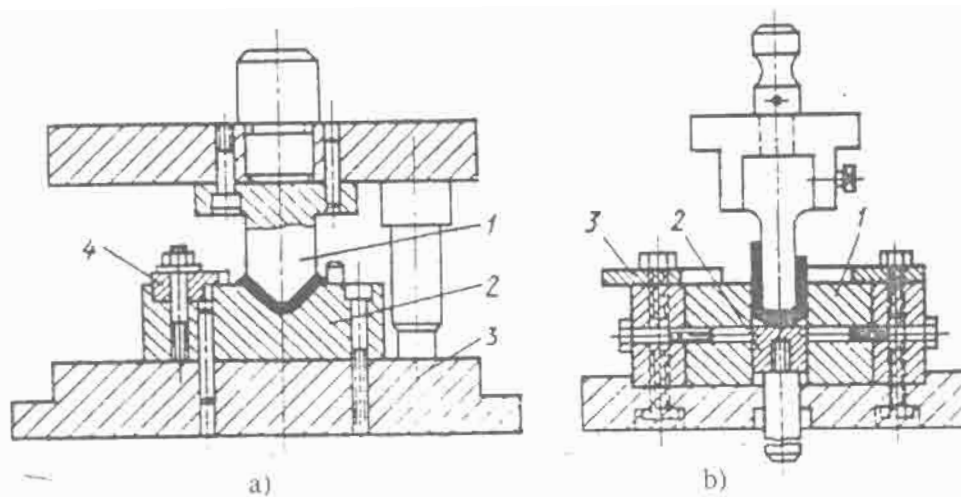
Hình 8.7. Khuôn tác dụng phối hợp để gọt biên dạng ngoài và các lỗ bên trong của chi tiết phẳng.

8.3.3. Khuôn để uốn

Về cơ bản, khuôn để uốn cũng bao gồm những chi tiết giống như khuôn cắt-đột, sự khác biệt chủ yếu là kết cấu và hình dạng của các chi tiết làm việc như chày và cối.

Khuôn uốn cũng được chia thành: khuôn đơn giản, khuôn liên tục và khuôn phối hợp. Ngoài ra trong trường hợp đặc biệt còn có khuôn uốn có kéo dọc trục hoặc nén dọc trục.

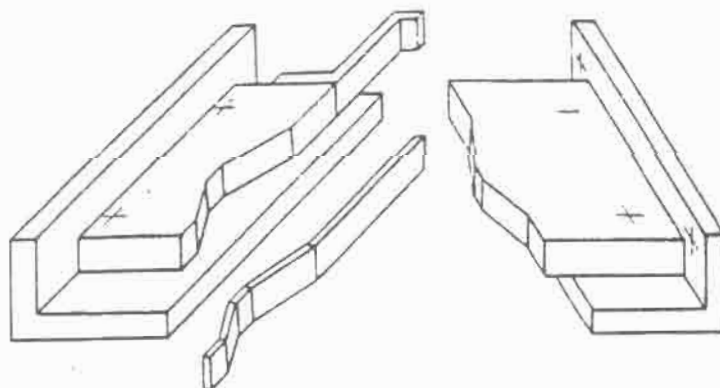
Trong các khuôn uốn đơn giản, sau một hành trình của máy chỉ có thể thực hiện được một nguyên công uốn hoặc một bước uốn. Trong các loại khuôn này còn có thể chia thành khuôn chuyên dùng và khuôn uốn vạn năng. Khuôn chuyên dùng để chế tạo các chi tiết có hình dạng đơn giản, uốn một nguyên công trong một khuôn hoặc để chế tạo các chi tiết có hình dạng phức tạp cần phải uốn qua nhiều bước theo từng phần tử uốn trong các khuôn đơn giản. Còn khuôn uốn vạn năng được sử dụng để uốn một loại hay một nhóm chi tiết có hình dạng đơn giản nhưng có kích thước khác nhau và chỉ uốn sau một nguyên công. Khuôn uốn vạn năng cũng có thể dùng để chế tạo các chi tiết có hình dạng phức tạp cần phải uốn qua nhiều bước mà mỗi bước được uốn trong một khuôn vạn năng nhất định. Tính vạn năng của khuôn là có thể thay đổi được khoảng cách giữa các gối tựa (một nửa cối uốn) và thay thế chày khác để có thể uốn một chi tiết cùng loại.



Hình 8. 8. Khuôn uốn đơn giản:
a- khuôn uốn một góc; b- khuôn uốn hai góc.

Trên hình 8.8a đã chỉ ra một khuôn uốn đơn giản để uốn một góc. Các chi tiết làm việc chủ yếu là chày 1 và cối 2 được kẹp lên các tấm đế trên và đế dưới. Phôi được định vị trên khuôn nhờ cỡ điều chỉnh được 4. Hình 8.8b cũng là một khuôn uốn đơn giản để uốn hai góc. Cối uốn 1 bao gồm nửa bên trái và nửa bên phải, giữa hai nửa cối có tấm đẩy 2 để đẩy chi tiết ra khỏi khuôn. Phôi được định vị trên khuôn nhờ các cỡ điều chỉnh 3.

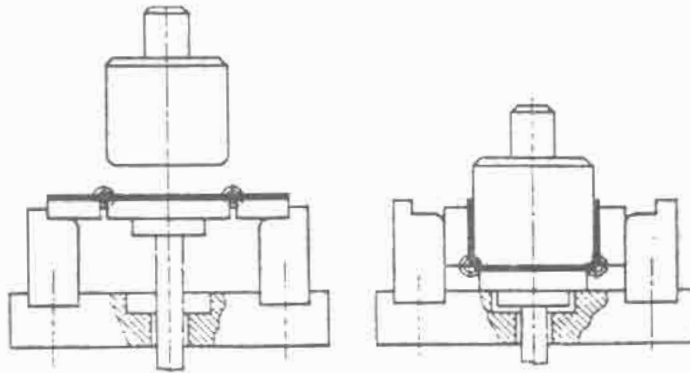
Để uốn các chi tiết có kích thước lớn, người ta thường sử dụng các khuôn chuyên dùng trên các máy uốn ngang, có trục của đầu trượt bố trí theo phương nằm ngang. Máy uốn ngang có hai tấm đế dạng góc, trong đó có thể kẹp các chi tiết làm việc như chày và cối uốn. Một tấm đế được kẹp cố định lên thân máy còn tấm kia được kẹp lên đầu trượt của máy ép, có chuyển động tịnh tiến theo phương nằm ngang (hình 8.9).



Hình 8.9. Khuôn để uốn các chi tiết lớn trên máy uốn ngang.

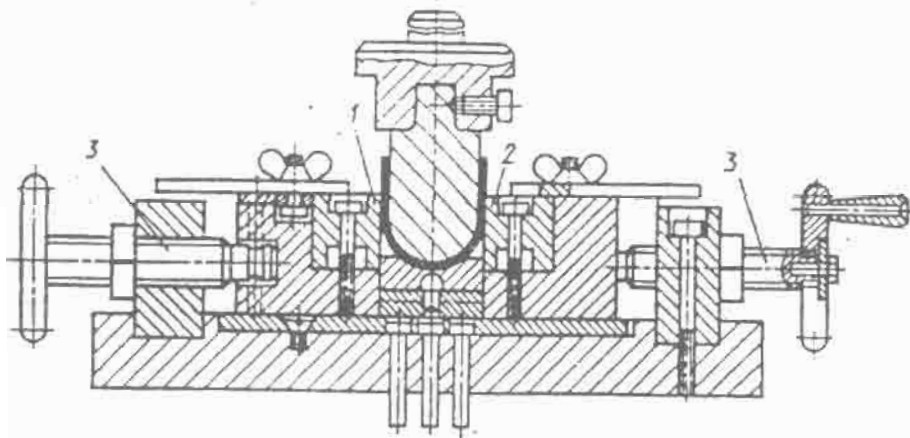
Nhược điểm của loại khuôn này là chiều dài của cánh uốn không giống nhau do điều kiện uốn khác nhau ở mép làm việc của cối (như bán kính lượn của mép cối, lực ma sát, độ mòn mép làm việc của cối v.v...) cũng như không tránh khỏi sự xây sát bề mặt của phôi khi nó dịch chuyển tương đối với mép làm việc của cối.

Để tránh xây sát khi uốn 2 góc, người ta sử dụng khuôn uốn có cối bản lề. Sơ đồ kết cấu của khuôn được biểu diễn trên hình 8.10. Trong khuôn này không có sự dịch chuyển tương đối giữa phôi và bề mặt làm việc của cối, do đó không có vết xây xước trên bề mặt sản phẩm.



Hình 8.10. Khuôn uốn có cối bản lề để uốn 2 góc,

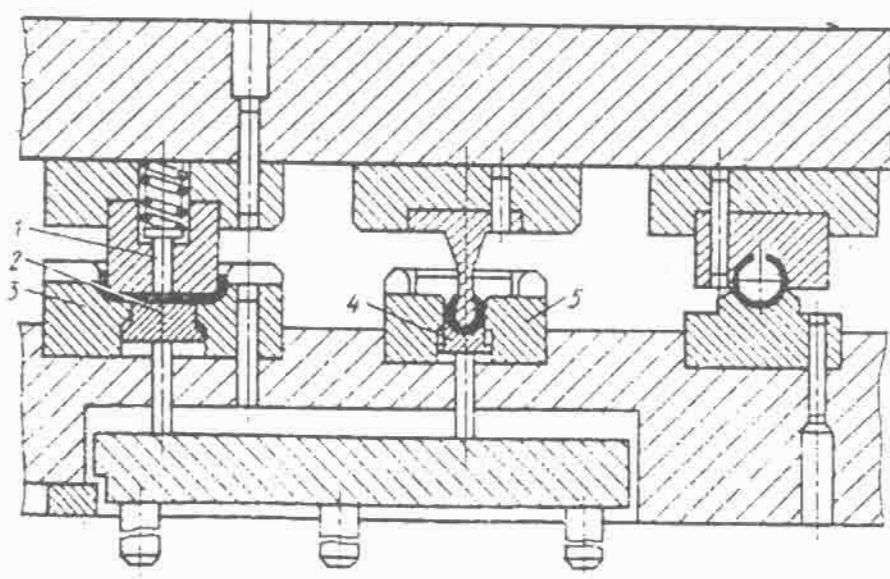
Sơ đồ kết cấu khuôn uốn vạn năng đơn giản để uốn hai góc được chỉ ra trên hình 8.11. Đặc điểm của nó là khoảng cách giữa các nửa cối 1 và 2 có thể thay đổi được. Sự thay đổi khoảng cách giữa các nửa cối được thực hiện nhờ các vít 3 và phải thay chày. Khi thay chày có hình dạng khác nhau chúng ta có thể nhận được các chi tiết có hình dạng khác nhau và khoảng cách giữa các cánh uốn khác nhau.



Hình 8.11. Khuôn uốn vạn năng để uốn 2 góc.

Trong các khuôn uốn tác dụng liên tục có một vài cặp chày, cối để uốn được bố trí song song với nhau hoặc cặp này sau cặp kia. Phôi sẽ được uốn lần lượt và được dịch chuyển từ vị trí này sang vị trí khác.

Hình 8.12 đã chỉ ra sơ đồ kết cấu của một bộ khuôn tác dụng liên tục nhiều vị trí để uốn một đoạn ống (sau ba bước uốn). Ở vị trí đầu tiên của khuôn thực hiện việc uốn hai đầu của phôi phẳng. Ở vị trí thứ 2 phôi được uốn thành hình ô van và ở vị trí thứ 3 phôi được uốn thành hình ống tròn có đường kính yêu cầu.

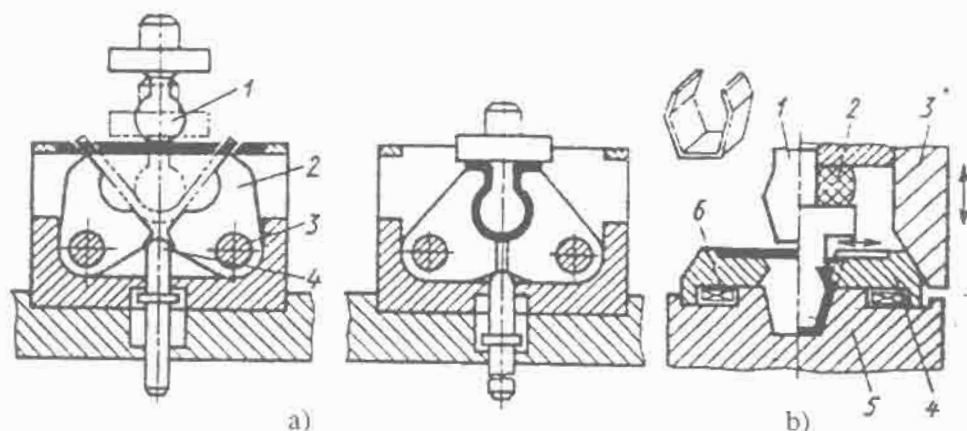


Hình 8.12. Khuôn uốn nhiều vị trí tác dụng liên tục để uốn đoạn ống.

Ở vị trí ban đầu có chốt đẩy 1 lắp trong chày và tấm đẩy 2 ở giữa các nửa cối 3. Ở vị trí thứ 2 chỉ có tấm đẩy 4 cũng nằm giữa 2 nửa cối 5. Việc lấy phôi ra khỏi chày ở vị trí này được tiến hành theo hướng dọc trục ống (vuông góc với mặt phẳng hình vẽ). Việc dịch chuyển phôi từ vị trí này sang vị trí khác được thực hiện nhờ dụng cụ kẹp phôi, còn thao tác lấy chi tiết ra khỏi khuôn có thể được thực hiện bằng khí nén.

Trong khuôn tác dụng phối hợp, người ta có thể thực hiện hai hay nhiều nguyên công uốn sau một hành trình của máy hoặc có thể kết hợp nguyên công uốn với các nguyên công cắt - đột.

Hình 8.13a đã chỉ ra sơ đồ kết cấu khuôn phối hợp có cam lắc để uốn. Sau một hành trình của máy ta có thể nhận được chi tiết có dạng đai kẹp từ 1 đoạn phôi phẳng.



Hình 8.13. Khuôn uốn tác dụng phối hợp:
a- chi tiết dạng đai kẹp, b- chi tiết dạng má kẹp.

Trong khuôn uốn đai kẹp (hình 8.13a), chày uốn 1 có hình dạng và kích thước giống như đường bao bên trong của chi tiết, hai cam lồi 2 có thể quay quanh trục 3. Dưới tác dụng của cần đẩy 4 các cam 2 sẽ ở vị trí mở. Khi chày đi xuống, phôi sẽ được uốn tự do cho đến khi chày ép vào mặt trong của các cam, làm cho các cam quay xung quanh trục 3 và uốn phôi ép vào mặt trụ của chày. Sau đó chày tiếp tục đi xuống, uốn các cánh của đai kẹp và kết thúc quá trình uốn, các cam 2 sẽ tinh chỉnh phần góc của đai kẹp. Khi đầu trượt đi lên, cần đẩy 4 làm cho các cam quay ngược lại, trở về vị trí ban đầu. Chi tiết sau khi uốn sẽ được lấy ra khỏi chày theo phương vuông góc với mặt phẳng hình vẽ.

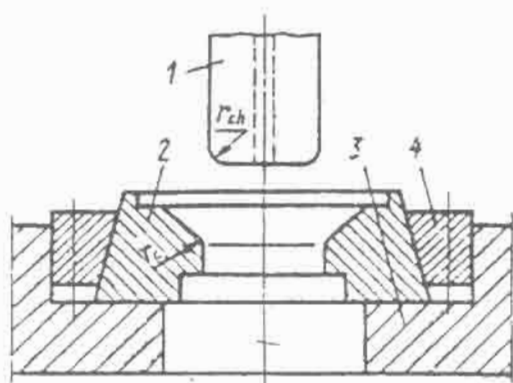
Hình 8.13b là sơ đồ khuôn uốn phối hợp có các đầu trượt bên để uốn chi tiết dạng má kẹp sau một hành trình của máy. Chày uốn 1 có hình dạng và kích thước giống như của chi tiết và được tựa lên đệm cao su 2.

Hai thanh chêm 3 để dẫn động cho hai nửa cối 4. Tấm cối cố định 5 và hai lò xo 6 đẩy các cối di động về vị trí ban đầu, khi đầu trượt đi lên. Trước khi uốn, phôi phẳng được đặt lên bề mặt làm việc của các nửa cối. Khi hành trình đầu trượt đi xuống (trước khi ép vào đáy cối 5) thì phôi được uốn tự do và có hình dạng giống như phần phía dưới của chày. Khi đầu trượt tiếp tục đi xuống, đệm cao su 2 bị nén lại, đồng thời các chêm 3 làm cho các nửa cối 4 chuyển động, ép phần phôi còn lại vào chày, tạo thành chi tiết dạng má kẹp. Khi đầu trượt đi lên, các lò xo 6 đẩy các nửa cối về vị trí ban đầu, chày được giải phóng và đi lên mang theo chi tiết đã được uốn. Sau đó, chi tiết được gỡ ra khỏi chày theo hướng vuông góc với mặt phẳng hình vẽ.

Khuôn để uốn thường làm việc ở chế độ ép nghĩa là cho đến khi chày-phôi-cối trở thành một hệ thống hoàn toàn tiếp xúc với nhau. Vì vậy, để ngăn ngừa sự kẹt máy khi uốn các phôi dày, người ta thường lót dưới đế khuôn một tấm đệm bằng vật liệu nhẹ và dễ nát, chẳng hạn như tấm cacton.

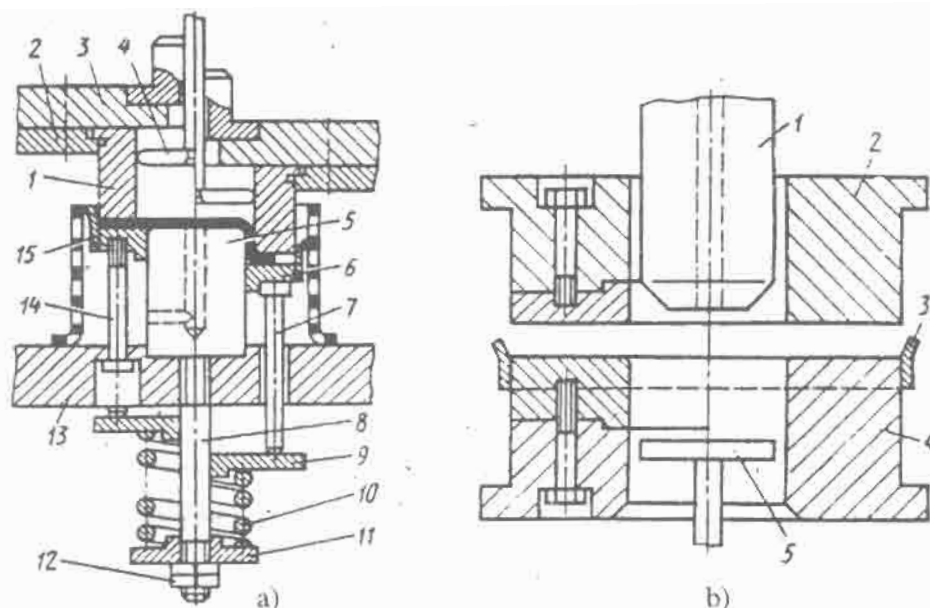
8.3.4. Khuôn để dập vuốt và khuôn liên hợp

Kết cấu của khuôn dập vuốt tùy thuộc vào phương pháp dập vuốt; thứ tự nguyên công (nguyên công đầu hay nguyên công tiếp theo); thiết bị sử dụng để dập vuốt (máy ép đơn động hay máy ép song động, máy ép thủy lực hay máy ép cơ khí v.v...) và sự phối hợp các nguyên công sau một hành trình của máy. Cũng giống như khuôn cắt - đột và uốn, khuôn dập vuốt cũng được chia thành khuôn đơn giản, khuôn phối hợp và khuôn liên tục. Khuôn dập vuốt lần đầu không có chặn phôi là một loại khuôn đơn giản (hình 8.14). Khuôn bao gồm chày dập vuốt 1, do đường kính tương đối nhỏ nên chày được làm liền với cuống khuôn; cối dập vuốt 2 có gờ để định vị phôi và gờ phía dưới để giảm nhẹ việc đẩy sản phẩm qua cối và gỡ chi tiết ra khỏi chày khi chày đi lên. Chiều cao phần làm việc của cối khoảng từ $4 \div 6$ mm, góc nghiêng của đường sinh cối từ $15 \div 45^\circ$. Cối được kẹp chặt vào đế dưới 3 nhờ vòng định vị 4. Khe hở giữa chày và cối được lấy bằng $(1,2 \div 1,3)$ lần chiều dày của phôi, bán kính lượn của chày và cối: r_{ch} và r_c bằng $4 \div 6$ lần chiều dày phôi.



Hình 8.14. Khuôn đơn giản để dập vuốt không có chặn.

Để tránh khả năng tạo ra độ chần không khi gỡ chi tiết ra khỏi chày, người ta khoan một lỗ ở giữa tâm chày để không khí có thể lọt vào khoảng không giữa mặt đáy chày và đáy chi tiết. Khuôn được lắp trên máy ép đơn động và khi dập chi tiết rơi qua lỗ bàn máy. Sơ đồ khuôn để dập vuốt lần đầu có chặn phôi trên máy đơn động được biểu diễn trên hình 8.15a khuôn bao gồm cối 1 được kẹp lên đế trên 3 nhờ có áo cối 2; chày dập vuốt 5 được kẹp lên đế dưới; vành chặn 6 được tựa lên ba chốt đẩy 7. Hệ thống chặn bao gồm thanh ren 8; các vòng tựa 9 và 11; lò xo 10 và đai ốc điều chỉnh 12. Phôi phẳng được đặt trên tấm chặn 6 và được định vị bằng các chốt 15. Khi hành trình đầu trượt đi xuống thì cối được hạ xuống theo và ép phần vành phôi vào vành chặn, làm cho vành chặn cũng bị hạ xuống và lò xo 10 nén lại. Khi đó phôi được kéo vào trong cối và tựa vào mặt đầu của chày. Khi đầu trượt đi lên, vành 6 do tác dụng của hệ thống chặn sẽ trở lại vị trí ban đầu và được định vị bằng các vít 14, còn đầu 4 có tác dụng gỡ chi tiết đã được dập vuốt ra khỏi cối.



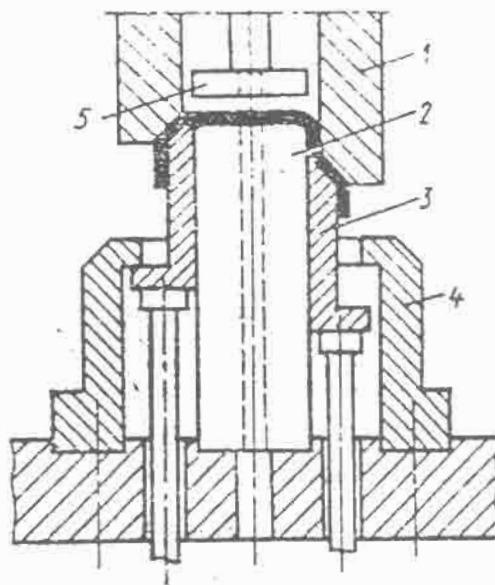
Hình 8.15. Khuôn dập vuốt lần đầu có chặn phôi:

a- trên máy ép tác động đơn ; b- trên máy ép tác động kép.

Hình 8.15b là sơ đồ kết cấu khuôn dập vuốt lần đầu có chặn phôi trên máy ép tác động kép. Điểm khác biệt của máy ép tác động kép là có 2 đầu trượt, một đầu trượt trong và một đầu trượt ngoài. Các đầu trượt này có hành trình làm việc không đồng thời: ban đầu, đầu trượt ngoài đi xuống trước mang theo tấm chặn phôi và làm nhiệm vụ chặn phôi, sau đó đầu trượt trong mới đi xuống thực hiện quá trình dập vuốt. Việc sử dụng máy ép tác động kép để dập vuốt sẽ cho phép đơn giản hoá kết cấu khuôn dập vuốt. Nó chỉ cần có 3 chi tiết cơ bản: đó là chày dập vuốt 1 được kẹp vào đầu trượt trong của máy, vành chặn 2 được kẹp lên đầu trượt ngoài và cối 4 được kẹp trên bàn máy. Phôi phẳng được đặt lên mặt cối và được định vị bằng cữ phôi 3. Khi làm việc, đầu trượt ngoài sẽ hạ xuống trước cùng với vành chặn 2 để ép phôi lên bề mặt của cối vuốt 4. Sau đó đầu trượt trong đi xuống cùng với chày 1, thực hiện quá trình vuốt phôi vào trong cối. Khi các đầu trượt trong và đầu trượt ngoài đã đi lên, cơ cấu đẩy 5 sẽ đẩy chi tiết đã được dập vuốt ra khỏi cối, lên trên bề mặt của cối và khi đó ta có thể lấy chi tiết ra khỏi vùng làm việc một cách dễ dàng.

Khuôn để dập vuốt ở các nguyên công tiếp theo (từ nguyên công thứ 2 trở đi) không có chặn vật liệu được chỉ ra trên hình 4.4b. Về mặt kết cấu, khuôn này tương tự như khuôn để dập vuốt lần đầu không có chặn phôi trên máy tác động đơn (hình 8.14). Sự khác nhau là cối vuốt có lỗ định hình có đường kính tương ứng với đường kính của sản phẩm nhận được sau lần dập vuốt ở nguyên công trước. Quá trình dập vuốt này thường được tiến hành bằng cách cho chui qua cối rơi xuống lỗ bàn máy hoặc được gỡ bằng các cơ cấu gỡ ba chạc.

Khuôn để dập vuốt ở nguyên công tiếp theo có chặn phôi trên các máy ép tác động đơn được biểu diễn như trên hình 8.16. Kết cấu của khuôn cũng tương tự như đối với khuôn dập vuốt lần đầu có chặn phôi trên máy ép tác động đơn (hình 8.15a). Trong khuôn này, hình dạng của vòng chặn là một đoạn ống hình trụ có đường kính ngoài tương ứng với đường kính trong của bán sản phẩm nhận được sau nguyên công dập vuốt trước đó. Chiều cao của phần hình trụ vòng chặn lớn hơn chiều cao của bán thành phẩm từ $20 \div 25$ mm. Phôi rỗng hình trụ được úp vào vòng chặn 3, khi vòng chặn đang ở vị trí trên, ngang với mặt đầu của chày vuốt. Khi đầu trượt đi xuống, cối 1 sẽ ép một phần đáy phôi vào vòng chặn 3 và vòng chặn này cũng bị ép xuống phía dưới, thông qua các thanh đẩy và hệ thống chặn bằng các lò xo nén. Khi đó đường kính phôi sẽ giảm đi còn chiều cao của nó thì tăng lên. Khi đầu trượt đi lên, vòng chặn 3 sẽ đẩy chi tiết dập vuốt ra khỏi chày và trở lại vị trí ban đầu, nhờ các lò xo nén của hệ thống chặn. Hành trình đi lên của vòng chặn 3 được khống chế bởi áo số 4. Đẩy trên 5 sẽ đẩy chi tiết ra khỏi cối (nếu chi tiết nằm trên cối) nhờ cơ cấu đẩy trên của đầu trượt.

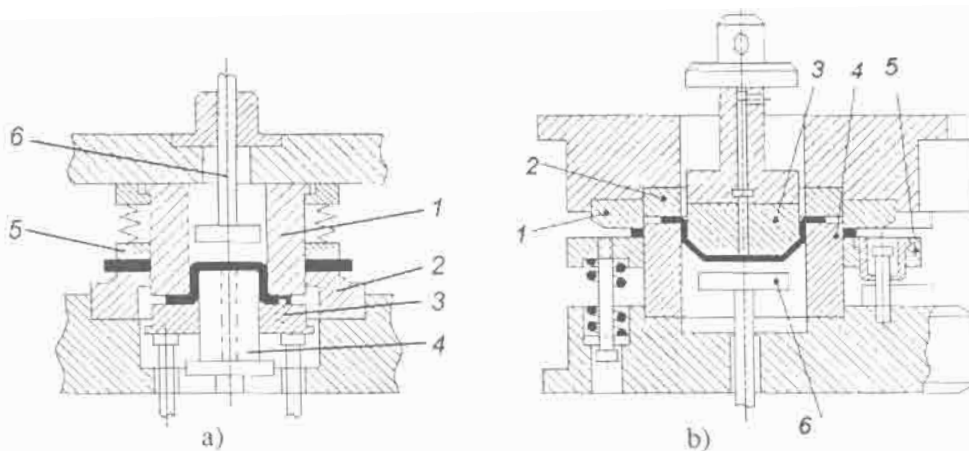


Hình 8.16. Khuôn để dập vuốt ở nguyên công tiếp theo trên máy ép tác động đơn.

Khuôn để dập vuốt ở nguyên công tiếp theo có chặn phôi trên máy ép tác động kép như trên hình 5.4a. Kết cấu của khuôn này cũng tương tự như khuôn để dập vuốt lần đầu có chặn phôi (hình 5.2b). Sự khác nhau là trong khuôn này, hình dạng của vòng chặn là một ống trụ có đường kính bằng đường kính trong của bán thành phẩm nhận được từ nguyên công trước. Chiều cao phần làm việc của vòng chặn cần lớn hơn chiều cao của phôi rỗng từ $4 \div 6$ mm. Phôi rỗng được đặt vào miệng cối có lỗ định hình đặc biệt để định vị phôi. Khi làm việc, đầu trượt ngoài của máy ép sẽ hạ xuống trước mang theo vòng chặn 2. Vòng chặn này được lồng vào trong phôi rỗng và ép một phần đáy phôi vào bề mặt của lỗ định hình ở cối. Sau đó đầu trượt trong đi xuống cùng với chày 1 thực hiện quá trình vuốt phôi vào trong cối 3. Khi đầu trượt đi lên, đẩy 4 sẽ đẩy chi tiết ra khỏi cối.

Khuôn tác dụng phối hợp là khuôn đồng thời thực hiện hai hay nhiều nguyên công trên cùng một khuôn với một lần đặt phôi sau một hành trình làm việc của máy ép. (Ví dụ: cắt hình + dập vuốt; cắt phôi + dập vuốt lần 1 + dập vuốt lần 2; cắt phôi + dập vuốt + đột lỗ; v.v...).

Kết cấu của khuôn tác dụng phối hợp tùy thuộc vào loại máy (máy ép tác động đơn hoặc máy ép tác động kép).



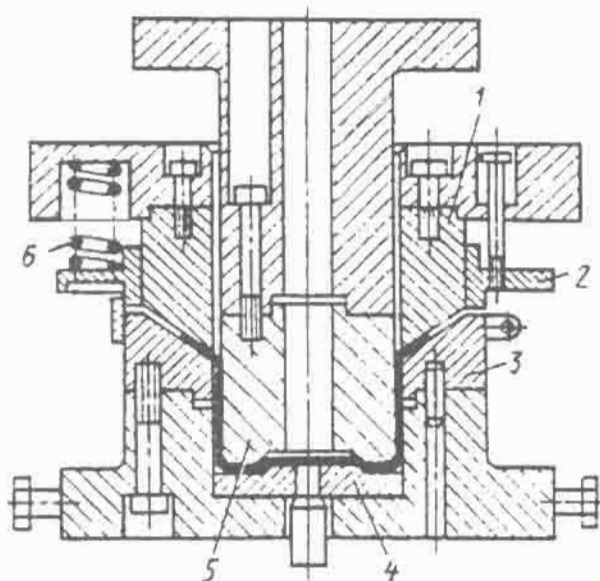
Hình 8.17. Khuôn phối hợp để cắt hình và dập vuốt:
a- trên máy ép tác động đơn; b- trên máy tác động kép.

Hình 8.17a là sơ đồ kết cấu của khuôn phối hợp để cắt phôi và dập vuốt có chặn trên máy ép tác động đơn. Khuôn gồm có: chày cắt và cối vuốt 1 (đường kính ngoài của chày cắt có kích thước bằng kích thước phôi cần cắt còn đường kính trong là đường kính của cối vuốt); cối để cắt phôi 2; vành chặn 3; chày để dập vuốt 4; tấm gỗ phế liệu 5 và dũa trên 6.

Các chi tiết của khuôn được định vị và kẹp chặt thành khối khuôn, bao gồm nửa khuôn trên và nửa khuôn dưới, cuống khuôn, trụ - bạc dẫn hướng (hình 8.17a không biểu diễn trụ - bạc dẫn hướng). Trụ - bạc dẫn hướng của khuôn nhằm đảm bảo cho khe hở đồng đều giữa đường bao của chày cắt và cối cũng như khe hở giữa chày vuốt và cối vuốt. Quá trình dập được thực hiện từ phôi dài hoặc phôi tấm. Phôi được đưa vào vùng làm việc của khuôn cho đến khi chạm vào cữ phôi. Khi đó, đóng ly hợp của máy và dầu trượt chuyển động xuống dưới cùng với nửa khuôn trên, đầu tiên tấm gỗ 5 chặn vào phôi và quá trình cắt phôi xảy ra, sau đó chày cắt - cối vuốt 1 tiếp tục đi xuống, ép vành phôi lên bề mặt của tấm chặn 3 và thực hiện quá trình dập vuốt. Tấm chặn 3, dưới tác dụng của chày-cối 1, sẽ bị dịch chuyển xuống phía dưới thông qua các thanh dũa, ép lò xo của hệ thống chặn 3, do tác dụng của lực lò xo sẽ gỡ chi tiết ra khỏi chày và trở về vị trí ban đầu. Tấm gỗ phế liệu 5 sẽ gỡ phế liệu khỏi chày cắt 1. Nếu chi tiết dập vuốt nằm trên cối sẽ bị đẩy 6 đẩy ra khỏi cối nhờ thanh dũa của dầu trượt.

Hình 8.17b là sơ đồ kết cấu khuôn tác dụng phối hợp để cắt hình và dập vuốt có chặn phôi trên máy ép tác động kép. Khuôn bao gồm cối 1 để cắt và vòng chặn 2 được định vị kẹp chặt lên đế trên; chày cắt - cối vuốt 4 và tấm gỗ phế liệu 5 được định vị và kẹp xuống đế dưới, chày dập 3 được lắp với dầu trượt trong của máy; tấm dũa 6 được lắp ở nửa khuôn dưới. Phôi dài hoặc tấm hoặc phôi băng được đưa vào vùng làm việc của khuôn cho đến khi chạm vào các cữ phôi. Sau đó cho máy làm việc và dầu trượt ngoài sẽ xuống trước cùng với

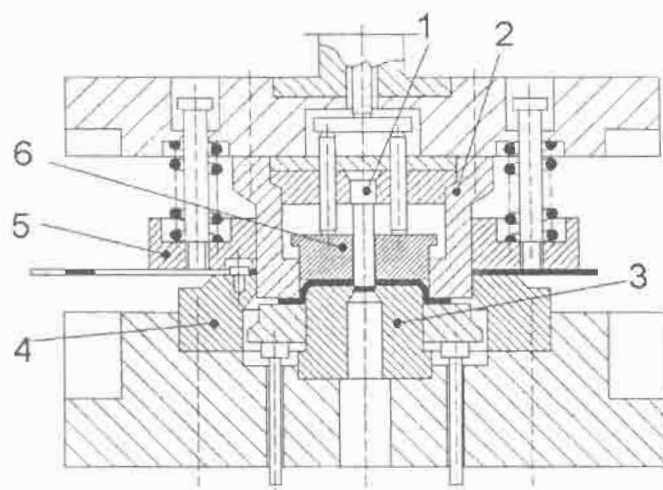
nửa khuôn trên. Cối cắt 1 cùng với chày 4 sẽ cắt phôi và sau đó vành chặn 2 sẽ ép phôi lên bề mặt của chày cắt - cối vuốt 4. Khi đó dầu trượt trong mạng theo chày dập vuốt 3 đi xuống, thực hiện quá trình dập vuốt. Khi các dầu trượt trong và dầu trượt ngoài đi lên, tấm đẩy 6 sẽ đẩy chi tiết ra khỏi cối, còn tấm gỡ phế liệu 5 sẽ đẩy phế liệu ra khỏi chày cắt 4. Trụ và bạc dẫn hướng được lắp lên đế dưới và đế trên của khuôn để đảm bảo cho khe hở đồng đều giữa chày và cối.



Hình 8.18. Khuôn tác dụng phối hợp để dập vuốt bước 1 và 2 trên máy ép tác động kép.

Khuôn tác dụng phối hợp để dập vuốt bước 1 và bước 2 trên máy ép tác động kép như hình 8.18 có đặc điểm là có hai vành chặn: một vành chặn phẳng và một vành chặn có phần lồi hình côn. Phôi phẳng hình tròn được đặt vào khuôn theo cỡ phôi. Khi hành trình của dầu trượt ngoài đi xuống cùng với nửa khuôn trên có các vòng chặn 1 và 2 được lắp trên đó. Ban đầu phôi được chặn trên phần mặt phẳng của cối 3 bởi vòng chặn phẳng 2 do lực nén của các lò xo 6. Sau đó, dầu trượt ngoài tiếp tục đi xuống, các lò xo 6 bị nén lại, còn vòng chặn 1 (hình côn) thực hiện vai trò như một chày vuốt, vuốt phôi vào phần hình côn của cối và sau đó ép nó lên bề mặt của cối. Khi đó dầu trượt trong có gắn chày vuốt 5 sẽ đi xuống để vuốt phôi có dạng côn (đã được vuốt ở bước 1) thành chi tiết hình trụ trong phần hình trụ của cối vuốt 3. Khi hành trình dầu trượt đi lên, tấm đẩy 4 sẽ đẩy chi tiết ra khỏi cối. Góc nghiêng đường sinh của cối khoảng 30^0 , mức độ dập vuốt tổng cộng cho phép đối với phôi bằng thép mềm có chiều dày đến 1 mm bằng $2,2 + 2,4$.

Hình 8.19 là sơ đồ kết cấu khuôn tác dụng phối hợp để cắt phối-dập vuốt và đột lỗ trên máy ép tác động đơn. Khuôn này có kết cấu tương tự như khuôn cắt hình-dập vuốt (hình 8.17). Khi đầu trượt đi xuống quá trình cắt phối và dập vuốt được thực hiện bởi cối cắt 4, chày cắt-cối vuốt 2; và chày dập vuốt 3. Quá trình đột lỗ được thực hiện bởi chày đột 1 (được kẹp chặt bởi áo chày lên đế trên) còn cối đột được làm trên chày vuốt 3. Khi đầu trượt đi lên tấm đẩy 6 sẽ đẩy chi tiết ra khỏi chày 1 và cối vuốt 2, còn tấm gỡ 5 sẽ gỡ phế liệu khỏi chày cắt 2.

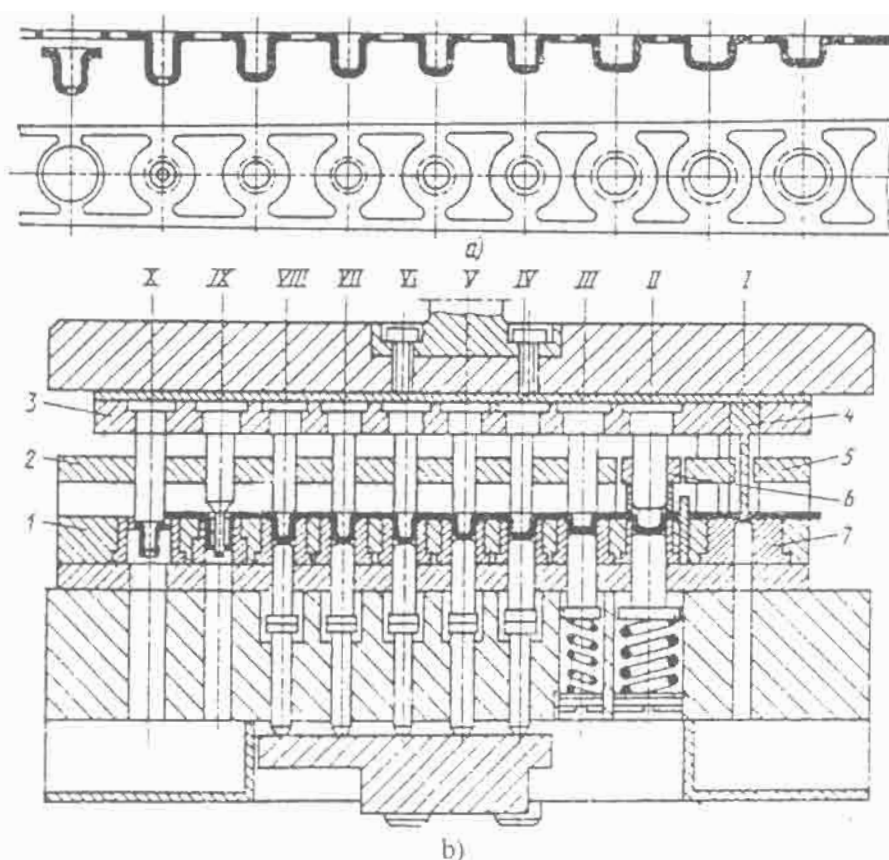


Hình 8.19. Khuôn phối hợp để cắt phối - dập vuốt và đột lỗ.

Khuôn tác dụng liên tục là sự kết hợp của hai hay nhiều nguyên công trên cùng một khuôn được thực hiện tuần tự từ nguyên công này đến nguyên công khác tương ứng với các cặp chày-cối, với sự dịch chuyển phối theo bước của chày và số hành trình đầu trượt tương ứng.

Khi dập trên khuôn liên tục, phối thường là dạng dải hoặc dạng băng (phối cuộn) được đưa vào khuôn bằng các cơ cấu cấp phối tự động với bước chuyển phối tương ứng với bước của các cặp chày - cối.

Hình 8.20a biểu diễn các bước dập liên tục trên phối băng, còn hình 8.20b là sơ đồ kết cấu của bộ khuôn liên tục có 10 bước dập tương ứng với 10 cặp chày - cối khác nhau. Khuôn này được sử dụng để chế tạo chi tiết hình trụ có vành với đường kính 10 mm và chiều cao 17 mm, có lỗ ở đáy chi tiết và được dập từ thép 08 dày 1 mm. Khuôn bao gồm nửa khuôn trên và nửa khuôn dưới có trụ bạc dẫn hướng. Các chày được kẹp lên đế trên bằng áo chày 3, còn các cối được kẹp vào đế dưới bởi áo cối 1. Ở tất cả các bước dập, cối đều được chế tạo riêng để dễ thay thế. Các chày để dập vuốt đều có vai để nắn phần vành của bán sản phẩm ở thời điểm kết thúc quá trình dập vuốt. Để gỡ băng (có các bán sản phẩm) ra khỏi chày người ta sử dụng một tấm gỡ cứng 2.



Hình 8.20. Khuôn liên tục để dập vuốt trên băng.

Khi dập trên phôi băng người ta có thể dập với băng nguyên hoặc băng có cắt trích để tránh sự kéo trên toàn bộ băng và thuận lợi cho quá trình dập. Trong khuôn liên tục này, người ta cắt trích băng theo hình dạng như trên hình 8.20a bởi chày cắt định hình 4 và cối cắt 7. Cặp chày-cối cắt ở bước I này có hệ thống gỡ cứng 5 riêng biệt. Ở các bước tiếp theo (từ bước II ÷ VII) người ta thực hiện quá trình dập vuốt. Ở bước dập vuốt đầu tiên (bước II) để ngăn ngừa hiện tượng nhăn người ta sử dụng hệ thống chặn 6. Qua sáu bước dập vuốt (II ÷ VII) người ta tiến hành tinh chỉnh các bán kính lượn ở đáy và ở vành (bước VIII). Sau đó chỉ tiết được đột lỗ đáy (bước IX) và cuối cùng chỉ tiết được cắt rời ra khỏi băng theo theo đường bao của phần vành (bước X). Việc định vị chỉ tiết ở bước X được đảm bảo bởi chày định tâm lắp trên chày cắt, có kích thước tương ứng với kích thước của chày dập vuốt cuối cùng. Chỉ tiết sau khi cắt sẽ rơi vào lỗ ở đế dưới của khuôn.

Có nhiều phương án kết cấu khác nhau của khuôn để dập vuốt trên băng. Các kết cấu khuôn được áp dụng tùy thuộc vào kích thước của chỉ tiết, hình dạng của chúng và chiều dày vật liệu phôi. Chẳng hạn chày có thể định vị và kẹp chặt ở đế dưới của khuôn. Với kiểu kết

cấu như vậy thì định vị và truyền phôi dải sẽ thuận lợi hơn nhưng việc gỡ và lấy chi tiết ra khỏi khuôn sẽ khó khăn hơn.

Ở các bước dập vuốt tiếp theo (sau bước dập vuốt lần đầu) người ta thường sử dụng hệ thống gỡ di động được khi chiều dày vật liệu phôi nhỏ hơn 1 mm. Hệ thống gỡ di động được làm việc theo nguyên lý ép, nghĩa là nó sẽ ép vào nửa khuôn trên trước để nắn phẳng phần vành của phôi trước khi dập vuốt. Trong trường hợp này để tránh khả năng bị kẹt khuôn, ở phía đế dưới người ta lót một lớp đệm mỏng bằng vật liệu dễ nát, ví dụ như tấm cát tông.

Để nâng băng phôi lên trên bề mặt làm việc của cối và để cho băng có thể trượt tự do khi truyền phôi người ta sử dụng cơ cấu chuyên dùng: khung giá nâng và chặn nâng đàn hồi. Khi dập vuốt các chi tiết sâu thường xảy ra sự co ngán bằng một cách đáng kể ở các bước vuốt, khoảng cách giữa các khung giá tương ứng giảm đi. Việc sử dụng khung giá nâng sẽ cho phép làm việc với việc tự động truyền phôi băng.

8.4. CÁC CHI TIẾT ĐIỂN HÌNH VÀ CÁC CỤM LẮP RÁP CỦA KHUÔN

8.4.1. Các chi tiết khuôn

Khuôn để dập tấm bao gồm: khối khuôn, các cụm và các chi tiết kẹp chặt. Khối khuôn bao gồm đế khuôn trên và đế khuôn dưới, trụ bạc dẫn hướng và cuống khuôn (nếu kích thước khuôn nhỏ). Cụm khuôn bao gồm các chi tiết làm việc chủ yếu như chày, cối, áo chày, áo cối, cơ cấu gỡ phế liệu, đẩy sản phẩm, chày định tâm, máng dẫn phôi v.v...

Kết cấu và kích thước của các chi tiết chủ yếu của khuôn được quy định theo tiêu chuẩn nhà nước. Tuy nhiên chúng không thể bao trùm toàn bộ nhiều chủng loại chi tiết khác nhau của khuôn được sử dụng trong nhiều lĩnh vực công nghiệp khác nhau. Do vậy ngoài tiêu chuẩn nhà nước, còn có tiêu chuẩn ngành và tiêu chuẩn nhà máy đối với các chi tiết và cụm chi tiết khuôn.

8.4.2. Vật liệu và nhiệt luyện các chi tiết làm việc của khuôn

Các chi tiết làm việc của khuôn: chày, cối, vòng chặn v.v... được chế tạo bằng loại vật liệu có những yêu cầu nhất định như: độ bền cao; có tính dẻo dai và chống mài mòn; có khả năng tăng độ cứng sau khi nhiệt luyện; có độ thấm tôi cao. Các loại thép cacbon dụng cụ và thép hợp kim có thể đạt được các yêu cầu nêu trên.

Các loại thép cacbon dụng cụ Y8A; Y10A; Y10 (theo tiêu chuẩn Nga) được sử dụng để chế tạo các chi tiết khuôn có hình dạng tương đối đơn giản khi dập các loại vật liệu tấm có $\sigma_b \leq 500$ MPa.

Các loại thép hợp kim dụng cụ: X12M; X12Φ1; X6BΦ; P6M5 v.v... được sử dụng để chế tạo các chi tiết làm việc của khuôn có hình dạng phức tạp với sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối, khi dập các loại thép cán tấm có $\sigma_b > 500$ MPa. Những điều kiện này được đặt ra

là do khi cắt hình và đột lỗ các tấm lá thép kỹ thuật điện, các loại thép cacbon và hợp kim có độ cứng sau khi nhiệt luyện đến 50HRC hoặc khi đập vượt lên vành có biến mỏng, khi tinh chỉnh v.v...

Trong sản xuất hàng loạt nhỏ, người ta thường sử dụng khuôn để cắt hình bằng các cối hợp kim kẽm (ví dụ hợp kim ЭКВ), còn chày bằng thép cacbon sau khi tôi đạt độ cứng $56 \div 60$ HRC. Những khuôn này thường được sử dụng để cắt các chi tiết bằng kim loại tấm có chiều dày đến 3 mm với $\sigma_b \leq 450$ MPa. Ưu điểm của các cối bằng hợp kim kẽm là dễ chế tạo hơn nhiều so với các cối bằng thép, nó có thể giảm 5 ÷ 6 lần so với giá thành của cối thép. Tuổi thọ của cối bằng hợp kim kẽm có thể đạt từ 2000 ÷ 4500 nhát đập.

Trong sản xuất hàng loạt nhỏ và vừa, người ta còn sử dụng khuôn bằng gang biến tính МЧ.32-52 để đập vượt các chi tiết bằng thép cacbon thấp. Độ bền của các loại khuôn làm bằng gang không cao, nhưng trong nhiều trường hợp chúng cũng đem lại hiệu quả kinh tế cao do giá thành hạ.

Việc nhiệt luyện các chi tiết của khuôn bao gồm tôi và ram. Sau khi tôi và ram độ cứng của chày cần phải đạt được $55 \div 59$ HRC còn độ cứng của cối cần phải đạt $57 \div 61$ HRC. Sở dĩ độ cứng của cối phải lớn hơn độ cứng của chày là để giảm sự mài mòn cối. Điều đó là hoàn toàn hợp lý về mặt kinh tế bởi vì giá thành chế tạo cối thường cao hơn giá thành chế tạo chày.

Trong sản xuất hàng loạt nhỏ người ta còn sử dụng những chày không tôi với cối có tôi để cắt những phôi có đường kính $200 \div 500$ mm bằng thép cacbon thấp với chiều dày $S \leq 0,5$ mm. Cùng với sự mài mòn chày dễ dàng, người ta cũng có thể dễ dàng chôn phần mép làm việc của chày cho chuốt qua cối. Việc sử dụng chày không tôi để cắt có thể thực hiện trên các khuôn không có trụ dẫn hướng. Khi đó nếu có sự dịch chuyển tương đối giữa nửa khuôn trên và nửa khuôn dưới thì chày sẽ bị biến dạng, còn cối vẫn giữ nguyên và khuôn vẫn đảm bảo an toàn.

Trụ dẫn hướng thường được chế tạo bằng thép 20 sau khi thấm than lớp bề mặt, tôi đạt độ cứng $58 \div 62$ HRC. Sau khi nhiệt luyện như vậy thì trụ dẫn hướng sẽ trở nên dẻo ở trong lõi và cứng ở lớp bề mặt ngoài. Những trụ dẫn hướng như vậy sẽ có khả năng biến dạng đàn hồi (uốn) và chịu mài mòn tốt hơn trong quá trình làm việc của khuôn. Ngoài ra trụ dẫn hướng còn có thể được chế tạo bằng thép cacbon dụng cụ (Y8A, Y10A, Y10 v.v...). Bạc dẫn hướng cũng được chế tạo bằng các loại vật liệu và chế độ nhiệt luyện giống như đối với trụ dẫn hướng. Đôi khi bạc dẫn hướng còn được đúc liền bằng gang với đế trên.

Trong sản xuất hàng loạt lớn và hàng khối thì đế khuôn thường được đúc bằng gang xám C4.24; C4.18 v.v... hoặc bằng thép đúc 20Л, 30Л, 40Л, v.v... Đối với sản xuất loạt nhỏ, đế khuôn có thể được chế tạo bằng thép tấm cán dày được gia công bằng phương pháp cắt gọt.

Các chi tiết khác của khuôn như: cuống khuôn; áo chày (tấm giữ chày); áo cối; tấm gõ; cữ phối; định vị phối; máng dẫn phối v.v... được chế tạo bằng thép kết cấu 40; 45; 50 v.v... hoặc bằng thép cacbon dụng cụ: Y7A; Y8A v.v...

8.4.3. Độ bền các chi tiết làm việc của khuôn

Trong tự động hoá các quá trình sản xuất dập tấm, việc sử dụng các tổ hợp, rôbot và hệ thống công nghệ mềm dẻo càng trở nên khó khăn hơn trong nhiều trường hợp do độ bền của khuôn thấp đối với các nguyên công cắt chia. Chính vì vậy nhiều cơ quan nghiên cứu và các công ty hàng đầu đã nỗ lực tập trung vào việc nghiên cứu vấn đề nâng cao độ bền của khuôn.

Độ bền hay tuổi thọ của dụng cụ là số lượng các chi tiết được dập cho đến khi các phần tử làm việc của nó bị mài mòn hoàn toàn. Khi đó các chi tiết dập ra không còn phù hợp với bản vẽ và các điều kiện kỹ thuật nghiệm thu. Còn một khái niệm khác về độ bền đó là độ bền khe hở (hay là độ bền chất lượng). Theo khái niệm này thì độ bền là số lượng các chi tiết dập được giữa hai lần mài lại dụng cụ.

Độ bền của khuôn phụ thuộc vào loại nguyên công (như cắt hình, đột lỗ, uốn, dập vuốt v.v...); phụ thuộc vào vật liệu; hình dạng và kích thước của chi tiết dập; kết cấu và chất lượng chế tạo khuôn, chủng loại và tình trạng thiết bị; thành phần các chất bôi trơn; phương pháp bôi trơn và làm nguội v.v... chính vì vậy vấn đề nâng cao tuổi thọ của khuôn cần phải được giải quyết một cách đồng bộ, trên cơ sở các biện pháp tổ chức kỹ thuật nhằm chế tạo khuôn có chất lượng tốt nhất, việc sử dụng và bảo quản khuôn tốt nhất, tình trạng thiết bị tốt nhất v.v...

Độ bền của khuôn có thể xác định một cách gần đúng theo công thức kinh nghiệm, chẳng hạn để xác định độ bền cho đến trước khi mài lại khuôn đột lỗ chúng ta có thể sử dụng công thức sau:

$$N_{\text{chi tiết}} = \frac{16.000}{\sqrt[3]{S^2 \cdot \sigma_B \cdot \sqrt{\sigma_B}}} \quad (\text{nghìn chiếc}) \quad (8-1)$$

Công thức trên đã được áp dụng để xác định độ bền của khuôn khi dập các thép tấm CT3, CT4, X12H9T có chiều dày $S = 4 \div 10$ mm với khe hở hai phía giữa chày và cối $Z = 12 \div 18\%$ và chày cối được làm bằng thép hợp kim X12M có độ cứng sau khi tôi $56 \div 62$ HRC.

Độ bền của khuôn có thể tăng lên 5 ÷ 6 lần nếu sử dụng các biện pháp hoá nhiệt và vật lý khác nhau để tăng độ bền của dụng cụ, ví dụ như:

- Thép cacbon dụng cụ Y8A và Y10A tôi hai lần có ram trung gian.
- Làm biến dạng dẻo lớp bề mặt của dụng cụ do đó làm hoá bền và tăng độ nhẵn bóng trên bề mặt (phun bi, lăn ép ...).

- Chế tạo chày bạc để đột lỗ bằng phương pháp ép chày bán nóng, khi đó khác với phương pháp gia công cắt gọt thông thường là các thớ của phôi không bị cắt đứt mà vẫn còn nguyên, điều đó cho phép nâng cao được độ bền của chày.

- Hợp kim hoá bằng phương pháp ăn mòn làm cho trên lớp bề mặt tiếp xúc của dụng cụ tạo thành những hình nổi lồi lõm, tập hợp các phần lồi có khả năng chống mài mòn tốt. (việc hợp kim hoá thường được tiến hành bởi hợp kim cứng nhóm TK và BK v.v...)

- Tăng bền bằng các tia laze có thể cho phép nhận được lớp bề mặt của kim loại có các tính chất cần thiết bằng cách đưa vào các nguyên tố hợp kim và độ nhám bề mặt cần thiết mà chi tiết không bị cong vênh hoặc biến dạng.

- Ion hoá bằng plasma trong chân không để phủ một lớp chống mài mòn lên bề mặt của dụng cụ (nitơua cacbit). Việc phủ một lớp nitơua kim loại khó chảy và chịu lửa (ví dụ như: titan và molybden) nhờ máy phát plasma tạo ra một lớp bề mặt chịu mài mòn làm cho độ bền của dụng cụ được nâng cao đáng kể.

Ngoài việc sử dụng các biện pháp hoá nhiệt và vật lý để tăng bền dụng cụ, người ta còn nâng cao độ bền của các chi tiết làm việc của khuôn bằng cách cho vào chúng những hợp kim cứng coban vonfram loại BK (BK15; BK20 v.v...). Độ bền của khuôn cắt có các chi tiết làm việc bằng hợp kim cứng sẽ tăng lên gấp 10 lần so với khuôn có chi tiết làm việc bằng thép và độ bền tổng cộng có thể đến (20 ÷ 60) triệu lần đập.

8.4.4. Nguyên tắc cơ bản khi thiết lập bản vẽ lắp khuôn

Bản vẽ lắp khuôn thường được vẽ ở vị trí kết thúc quá trình làm việc (khi đầu trượt ở điểm chết dưới) và thường được vẽ với tỷ lệ 1:1.

Với các khuôn có kích thước lớn thì có thể vẽ với tỷ lệ thu nhỏ (1:2; 1:2,5). Bản vẽ lắp khuôn thường được vẽ bởi cả ba hình chiếu: ở hình chiếu đứng biểu diễn hình cắt của khuôn sao cho mặt cắt đi qua những vị trí cần thiết để biểu diễn rõ nét nhất kết cấu của khuôn bao gồm cả nửa khuôn trên và dưới; ở hình chiếu bằng chỉ biểu diễn hình chiếu bằng của nửa khuôn dưới (khi nhắc bỏ nửa khuôn trên ra); phía phải của bản vẽ có thể biểu diễn hình chiếu cạnh và hình chiếu mặt trên của đế khuôn trên và cần ghi rõ “mặt trên của đế trên” hoặc “nửa khuôn dưới” ở phía trên của hình chiếu tương ứng của khuôn. Nếu khuôn có kích thước lớn thì có thể cho phép biểu diễn mỗi một hình chiếu của nó trên một tờ riêng.

Trên bản vẽ lắp khuôn cần phải ghi các kích thước bao và các kích thước lắp ghép; chiều cao kín của khuôn (khoảng cách giữa các mặt tựa của các đế khuôn khi khuôn ở vị trí kết thúc quá trình làm việc); khoảng cách giữa các trục của trụ dẫn hướng (trên đế dưới); các kích thước định vị, các cỡ và hướng đưa phôi; các kích thước xác định vị trí tương quan giữa các chi tiết làm việc và các kích thước đặc trưng cho các mối ghép giữa các chi tiết (ví dụ: trụ dẫn hướng với đế dưới; chày với áo chày v.v...)

Trên bản vẽ lắp khuôn ở góc phía trên bên phải cần phải đưa vào một hình vẽ nguyên công của chi tiết được dập với chính khuôn này với đầy đủ các kích thước. Ở phía trên của hình vẽ nguyên công chi tiết dập có thể ghi vật liệu phôi, hình dạng và kích thước phôi, lực dập cần thiết. Khi dập từ phôi dài hoặc phôi băng cần phải đưa ra sơ đồ xếp hình. Trên bản vẽ lắp khuôn còn cần phải chỉ ra kỹ thuật an toàn khi sử dụng khuôn (chẳng hạn việc sử dụng nhíp kẹp phôi; phương pháp đóng mở máy ép v.v...)

Trên hình 8.21 biểu diễn một bản vẽ lắp khuôn tác dụng phối hợp để cắt hình và đột lỗ chi tiết vòng đệm theo những nguyên tắc cơ bản như trên.

8.5. TÍNH TOÁN CÁC CHI TIẾT KHUÔN VỀ ĐỘ BỀN VÀ ĐỘ ỔN ĐỊNH

8.5.1. Tính toán chày

Khi thiết kế khuôn, các kích thước của các chi tiết được quyết định chủ yếu từ những dự kiến về mặt kết cấu, trừ kích thước làm việc của chày và cối được xác định từ sự tính toán công nghệ có tính đến dung sai chế tạo chày và cối.

Ví dụ như sự lựa chọn loại và kích thước của đế khuôn, cần phải xuất phát từ khả năng có thể sắp xếp, bố trí trên đế khuôn các cụm chi tiết và trụ-bạc dẫn hướng, các máng dẫn phôi, các cỡ định vị và bộ phận tháo dỡ sản phẩm hoặc phế liệu v.v... Khi chọn số lượng trụ dẫn hướng cần tính đến độ chính xác kích thước yêu cầu của chi tiết dập; hình dạng và kích thước của vật liệu phôi (dài, tấm hoặc băng v.v...) và sự thuận lợi trong quá trình thao tác. Sau khi xác định sơ bộ kích thước của khuôn, căn cứ vào tiêu chuẩn chúng ta có thể chọn loại đế khuôn tương ứng. Từ đó ta có kích thước chính xác cuối cùng của đế khuôn.

Khi tính toán đế khuôn về mặt kết cấu, thông thường chúng ta không cần phải thực hiện một phép tính toán nào để xác định kích thước của các chi tiết khuôn mà nhiệm vụ chủ yếu là sử dụng tối đa những số liệu định mức đã có sẵn các tiêu chuẩn hoặc tài liệu sổ tay kỹ thuật. Tuy nhiên việc tính toán kiểm tra về độ bền, độ ổn định và độ cứng là điều cần thiết, bởi vì chỉ có như vậy mới đảm bảo được khả năng làm việc của khuôn (đặc biệt là các chi tiết làm việc chủ yếu). Khuôn cần đảm bảo không bị phá huỷ với độ bền dự trữ cần thiết. Khi tính toán kiểm tra người ta thường tiến hành tính toán các chi tiết chày, cối có đường kính nhỏ (kể cả vòng ghép); đế khuôn; thiết bị đệm, đẩy; tấm đệm; các chi tiết kẹp v.v...

Việc tính toán đối với chày hình trụ ngắn có đường kính nhỏ thường được tiến hành từ điều kiện cân bằng lực cắt đột với lực xảy ra sự phá huỷ chày đã được nhiệt luyện khi bị nén:

$$\pi \cdot d \cdot S \cdot \sigma_C = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 [\sigma_{nén}] \quad (8-2)$$

suy ra:

$$d = 4 \cdot S \cdot \sigma_C / [\sigma_{nén}] \quad (8-3)$$

trong đó:

σ_C - trở lực cắt của vật liệu phôi;

S - chiều dày vật liệu;

d - đường kính làm việc của chày;

$[\sigma_{nén}]$ - giới hạn bền nén của chày đã nhiệt luyện.

Nếu ta coi $[\sigma_{nén}] \approx 4\sigma_B$ và $\sigma_C \approx (0,7 \div 0,8)\sigma_B$ thì đường kính của chày cần phải thoả mãn:

$$d \geq (0,7 \div 0,8) S \quad (8-4)$$

Hoặc tính đến sự an toàn thì $d \geq S$; tức là đường kính của chày tại tiết diện nguy hiểm cần phải đảm bảo không nhỏ hơn chiều dày của vật liệu dập.

Tỷ số giữa d và S như vậy đã được kiểm nghiệm khi đột lỗ tấm kim loại cán có $\sigma_B \leq 500$ MPa với chày bằng thép Y8A hoặc Y10A được tôi và ram có độ cứng $56 \div 59$ HRC.

Khi làm việc chày còn bị uốn dọc, giới hạn cho phép của tải trọng được xác định theo công thức:

$$P_{\text{chophép}} = \varphi \cdot F_{tx} \cdot [\sigma_{nén}]$$

trong đó:

φ - hệ số giảm ứng suất cho phép phụ thuộc vào mức độ uốn của chày, được xác định

bởi tỷ số: $\frac{\mu^* \cdot h}{i_{\min}}$ (ở đây μ^* là hệ số độ dài quy đổi đặc trưng cho phương pháp kẹp

một đầu thanh và bằng 0,7);

h - độ dài phần làm việc của chày;

i_{\min} - bán kính quán tính nhỏ nhất của tiết diện ngang, được xác định theo công thức:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{J_{\min}}{F_{\text{chày}}}} \quad (8-5)$$

với: $F_{\text{chày}}$ - diện tích tiết diện ngang của chày;

F_{tx} - diện tích tiếp xúc mật đầu làm việc của chày với phôi;

$[\sigma_{nén}]$ - ứng suất nén cho phép với hệ số an toàn bằng $1,5 \div 2$, có thể lấy như sau:

- đối với thép Y8A và Y10A:

$$[\sigma_{nén}] = 1600 \text{ MPa}$$

- đối với thép X12M; 9XC:

$$[\sigma_{nén}] = 1900 \text{ MPa}$$

Khi tiết diện ngang của chày là hình tròn thì:

$$i_{\min} = \sqrt{\frac{\pi \cdot r^4 / 4}{\pi r^2}} = \frac{r}{2} = 0,25 \cdot d \quad (8-6)$$

Khi $S/d > 1$ thì $F_{tx} = F_{\text{chày}}$ còn khi $S/d < 1$ diện tích tiếp xúc F_{tx} quy ước bằng diện tích của vành có chiều rộng $0,5S$ trên toàn bộ đường bao mặt làm việc của chày:

$$F_{tx} = \pi.S(2d - S)/4 \quad (8-7)$$

Nếu có sự dịch chuyển trục của chày so với trục của cối do biến dạng đàn hồi của thân máy thì đế trên của khuôn sẽ xuất hiện một momen uốn:

$$M_{uốn} = \sigma_{uốn}.W \quad (8-8)$$

trong đó: W - mômen chống uốn tại tiết diện ngang nguy hiểm của chày.

Khi đó ứng suất uốn được tính đến khi xác định ứng suất tính toán tổng cộng:

$$\sigma_{tổng} = \sigma_{nén} + \sigma_{uốn} = \frac{P_t}{F} + \frac{P_t.l}{W} \quad (8-9)$$

trong đó: $l = z/2$ - khả năng dịch chuyển cho phép của dụng cụ bằng một nửa khe hở giữa chày và cối.

8.5.2. Tính toán cối

Việc tính toán kiểm tra các chi tiết vành cối để cắt hình, dập vuốt và một số các nguyên công khác thường được tiến hành bằng cách sử dụng công thức Lamé.

Trong trường hợp là một vòng ống chịu áp lực đều ở bên trong mà áp lực này là một thành phần xác định do áp lực dọc trục được tạo ra bởi lực đập. Nếu có thể coi gần đúng rằng: tỷ số giữa lực làm nứt vỡ cối và lực đập vào khoảng $0,3 \div 0,4$ thì áp lực này lên mỗi đơn vị diện tích của cối sẽ là:

$$q = \frac{(0,3 \div 0,4)P_t}{0,5.\pi.d.H_c} \quad (8-10)$$

Nếu sử dụng công thức Lamé, chúng ta có thể xác định được ứng suất kéo tiếp tuyến ở đường bao trong và đường bao ngoài của cối, sau đó so sánh nó với ứng suất cho phép của vật liệu cối khi chịu kéo. Chúng ta có thể sử dụng các công thức:

$$\sigma_{\theta \text{ (ngoài)}} = q \frac{2k^2}{1-k^2} \leq [\sigma_B] \quad (8-11)$$

$$\sigma_{\theta \text{ (trong)}} = q \frac{1+k^2}{1-k^2} \leq [\sigma_B] \quad (8-12)$$

trong đó: $k = d/D$ - tỷ số giữa đường kính trong và ngoài của vòng cối.

Nếu như kết quả tính toán cho ta $\sigma_{\theta \text{ (trong)}} > [\sigma_B]$ thì cần phải tăng đường kính ngoài của cối hoặc chiều cao của cối cho đến khi $\sigma_{\theta \text{ (trong)}} \leq [\sigma_B]$.

Khi tính toán các cối bằng thép tôi thì ứng suất cho phép khi kéo $[\sigma_B]$ với hệ số an toàn bằng $1,5 \div 2$ có thể lấy như sau:

- đối với thép Y8A và Y10A: $[\sigma_B] = 300 \text{ MPa}$.

- đối với thép X12M; 9XC: $[\sigma_B] = 500 \text{ MPa}$.

Chiều cao của chi tiết cối khi cắt hình và đột lỗ được xác định không chỉ căn cứ vào

độ bền mà còn căn cứ vào yêu cầu sử dụng. Chẳng hạn ở các nhà máy công nghiệp kỹ thuật điện có thể cho phép mài lại cối (khi cối bị mòn) đến 2/3 chiều cao ban đầu của cối. Việc mài lại cối đã làm tăng tuổi thọ của cối.

Các kích thước của cối (chiều cao và chiều dày thành) được xác định theo công thức kinh nghiệm hoặc theo bảng được thành lập trên cơ sở tổng hợp những số liệu kinh nghiệm của các xí nghiệp tiên tiến. Chẳng hạn chiều rộng của cối để cắt hình được xác định theo công thức:

$$B = b + (3 \div 4)H \quad (8-13)$$

trong đó:

b - chiều rộng lớn nhất của lỗ cối;

H - chiều cao của cối.

Tuỳ theo chiều rộng lớn nhất của lỗ cối b và chiều dày của vật liệu đập S mà giá trị chiều cao H của cối có thể thay đổi từ 0,1b đến 0,6b. Nếu chiều rộng b và chiều dày S càng lớn thì chiều cao H càng lớn.

Khi cắt hình các chi tiết có hình dạng phức tạp hoặc kích thước lớn (trên 300 ÷ 400 mm) người ta thường sử dụng cối ghép nhiều đoạn, mỗi đoạn được kẹp chặt lên đế bằng các bulông và được cố định bằng các chốt định vị. Đường phân chia giữa các đoạn cần phải chọn sao cho các phần cong của đường bao được tách riêng ra khỏi các phần thẳng. Chiều dài lớn nhất của phần thẳng không nên vượt quá 300 mm và chiều dài lớn nhất của phần cong không nên vượt quá 200 mm. Kết cấu và kích thước của các đoạn cối cần được lấy theo tiêu chuẩn.

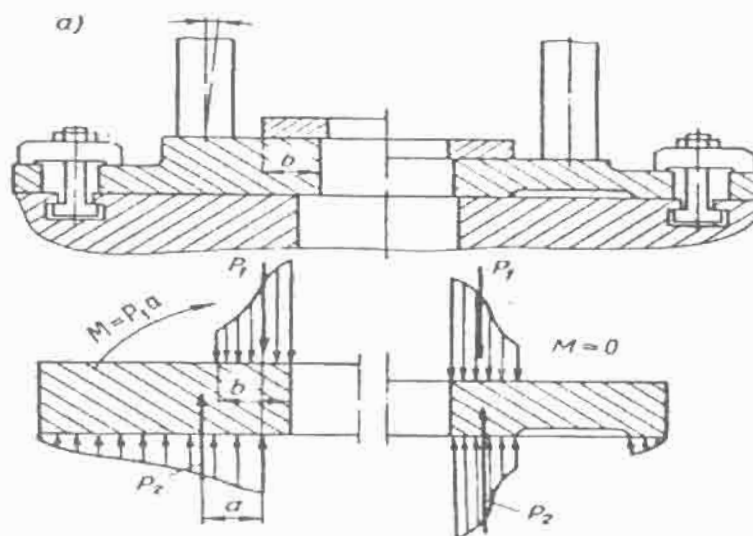
Các cối ghép nhiều đoạn có tính công nghệ cao hơn so với các cối liền bởi vì những đoạn cối được gia công cơ khí và nhiệt luyện đơn giản hơn nhiều so với khi gia công cối nguyên. Khi mép cối bị cùn hoặc bị sút mẻ ở một đoạn nào đó thì chúng ta chỉ việc thay thế một đoạn mà không phải thay thế toàn bộ cối, điều đó cho phép tăng tuổi thọ của cối. Phương pháp kẹp cối vào đế khuôn và phương pháp tính toán lực chuyển vị các đoạn cối được chỉ ra trong các sổ tay công nghệ.

8.5.3. Tính toán đế khuôn

Đế khuôn là một chi tiết cơ bản không thể thiếu khi thiết kế. Độ bền của dụng cụ (chày, cối) phụ thuộc nhiều vào độ bền và độ cứng vững của đế khuôn. Chất lượng chi tiết đập và độ chính xác kích thước của nó, mức độ mài mòn trụ và bạc dẫn hướng v.v... cũng đều phụ thuộc vào độ bền và độ cứng vững của đế khuôn.

Mặc dù sự cần thiết về kết cấu của đế khuôn cần phải đủ bền và cứng vững (với khối lượng kim loại sử dụng là nhỏ nhất) nhưng phương pháp tính toán đế khuôn vẫn chưa được nghiên cứu một cách đầy đủ, đặc biệt là phương pháp tính toán đế khuôn về độ cứng vững. Sở dĩ như vậy là do có rất nhiều yếu tố ảnh hưởng đến khả năng làm việc của đế. Chẳng hạn,

hình dạng và kích thước của lỗ thoát trong đế khuôn và trong đế phụ của máy ép; tỷ số giữa các kích thước lỗ của bản máy và đế khuôn; số lượng và kích thước của các lỗ phụ trong đế khuôn (ngoài lỗ thoát); vật liệu làm đế khuôn; khi không có lỗ thoát trên bản máy; hình dạng và kích thước của các lỗ thông suốt qua đế khuôn; chế độ làm việc của khuôn (va đập liên tục hay đơn nhất); phương pháp kẹp khuôn lên bản máy; sử dụng phân bố và số lượng các bulông kẹp; mức độ siết chặt của các bulông v.v....



Hình 8.22. Sơ đồ tính toán đế khuôn.

Hình dạng và kích thước của đế khuôn được chọn từ kết cấu chung, sau đó phối hợp chúng với tiêu chuẩn và lựa chọn chúng theo tiêu chuẩn, kiểm tra độ bền của đế tại tiết diện nguy hiểm nhất. Độ chính xác khi tính toán phụ thuộc vào việc áp dụng sơ đồ tính toán phù hợp với điều kiện làm việc thực tế của đế khuôn đến mức độ nào (hình 8.22).

Một cách gần đúng nhất chúng ta có thể coi đế khuôn như một dầm đặt trên hai gối tựa, tải trọng quy ước là lực tập trung (chẳng hạn khi đột lỗ có đường kính tương đối nhỏ). Nếu sử dụng sơ đồ này để tính toán đế khuôn có lỗ thoát hình tròn, đặt trên bản máy có lỗ hình chữ nhật thì chiều dày của đế khuôn có thể xác định một cách gần đúng:

$$h \geq \sqrt{\frac{3Pl}{2(B-d)[\sigma_{uon}]}} \quad (8-14)$$

trong đó:

P - lực biến dạng;

l - khoảng cách giữa các gối tựa;

B - chiều rộng của đế;

d - đường kính của lỗ thoát trong đế;

$[\sigma_{uốn}]$ - ứng suất uốn cho phép của vật liệu đế; đối với thép đúc:

$$[\sigma_{uốn}] = 130 \text{ MPa,}$$

đối với gang C4.28-48:

$$[\sigma_{uốn}] = 65 \text{ MPa.}$$

Còn có những công thức phức tạp hơn để tính toán kiểm tra đế khuôn cho những sơ đồ khác nhau của tải trọng và điều kiện làm việc của khuôn. Một trong những công thức tính toán để xác định chiều dày của đế khuôn dưới có tính đến biến dạng đàn hồi của đế và có ép vào nó các trụ dẫn hướng, có dạng như sau:

$$h = \sqrt[3]{\frac{96.H}{z.B.E} \cdot P_{kéo} \cdot \left[\left(\frac{L-A}{2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} - \left(\frac{L-d}{2} \right)^2 \cdot \frac{1}{6} \right]} \quad (8-15)$$

trong đó:

H - là chiều cao của cụm khuôn (khi khuôn ở vị trí kết thúc quá trình làm việc);

$P_{kéo}$ - lực kéo bulông để kẹp chặt đế khuôn với bàn máy;

L, B - lần lượt là chiều dài và chiều rộng của đế dưới;

A - khoảng cách giữa các trụ dẫn hướng;

E - mô đun đàn hồi của vật liệu đế khuôn.

Lực kéo bulông:

$$P_{kéo} = 3P.d^2/8a(3d + 2a) \quad (8-16)$$

trong đó: P - lực đập theo tính toán;

$$a = (L - d)/2.$$

Các phương pháp tính toán đã xác định được rằng: chiều dày của đế khuôn bằng gang xám cần phải lớn hơn khoảng 1,4 lần so với chiều dày của đế khuôn bằng thép.

Như vậy khi tính toán kiểm tra đế khuôn, chúng ta chỉ kiểm tra đối với đế khuôn dưới và coi nó như một dầm chịu uốn đặt trên hai gối tựa. Còn với đế khuôn trên, chúng ta kiểm tra áp lực nén của mặt tựa đầu chày vào đế khuôn theo điều kiện:

$$q \leq [\sigma_{lún}] \quad (8-17)$$

trong đó:

q - áp lực đơn vị do mặt tựa của chày ép vào đế trên;

$[\sigma_{lún}]$ - ứng suất cho phép khi ép kín, bằng 50 MPa đối với đế bằng gang và 100 MPa đối với đế bằng thép.

Nếu điều kiện trên không được đảm bảo, khi làm việc chày sẽ bị lún vào đế khuôn trên và làm dập bề mặt đế, khi đó khuôn không thể làm việc được. Vì vậy khi thiết kế khuôn cần phải cho vào đế khuôn trên một tấm đệm bằng thép tối có diện tích tiếp xúc với đế lớn hơn diện tích mặt tựa của đầu chày và cũng đã được tiêu chuẩn hoá.

Người ta đã đưa ra những nghiên cứu thực nghiệm đáng chú ý về biến dạng đàn hồi của các đế khuôn dưới bằng thủy tinh hữu cơ, có lỗ ở tâm với những kích thước khác nhau. Các đế khuôn được đặt tải sau đó đo độ võng của đế ở những phần khác nhau. Phân tích các số liệu thực nghiệm chúng ta thấy rằng: biến dạng đàn hồi ở các phần góc, trong các yếu tố ảnh hưởng có sự ảnh hưởng của số lượng và sơ đồ bố trí bulông kẹp đế khuôn vào bàn máy. Người ta cũng thấy rằng việc kẹp đế khuôn vào bàn máy ở các góc là thích hợp nhất. Khi kẹp bulông ở tất cả các góc thì biến dạng đàn hồi ở đế khuôn nhỏ hơn $(5 + 6)$ lần so với kẹp đế khuôn chỉ ở hai góc (theo đường chéo).

8.5.4. Tính toán cơ cấu đệm, đẩy

Khi dập trên các máy ép trục khuỷu tác động đơn, để có thể làm việc được thì các vòng chặn của khuôn, các chi tiết đẩy gỡ phế liệu và sản phẩm cần phải có một thiết bị (cơ cấu) đệm, đẩy chuyên dùng. Cơ cấu này là một bộ phận lắp ráp trên máy ép hoặc trên khuôn.

Các máy ép trục khuỷu đơn động hiện nay thường có các bộ phận đệm, đẩy bằng khí nén. Bộ phận này tạo ra một đối áp không đổi, có trị số bằng khoảng 10% so với lực danh nghĩa của máy ép. Nếu máy ép không có cơ cấu đệm, đẩy thì khi thiết kế khuôn cần phải thiết kế bộ phận đệm, đẩy như một bộ phận lắp ráp của khuôn. Bộ phận đệm, đẩy của khuôn làm việc nhờ các lò xo nén (dạng trụ, đĩa) hoặc bằng cao su và poliuretan (chất dẻo P.U). Bộ phận này được lắp trực tiếp vào đế khuôn dưới hoặc đặt nó vào trong bàn máy nhờ giá đỡ chuyên dùng.

Kết cấu và kích thước của cơ cấu đệm, đẩy và giá đỡ đối với khuôn dập tấm đã được tiêu chuẩn hoá. Các kết cấu của đệm được sử dụng có thể có lỗ thoát cho phế liệu rơi qua hoặc không có lỗ thoát.

Bộ phận làm việc của đệm là lò xo được định vị sau khi nén sơ bộ với độ nén $F_{s\text{ sơ bộ}}$; độ nén này đảm bảo áp lực cần thiết của lò xo ngay từ khi bắt đầu nguyên công. Độ nén này lấy bằng một nửa độ nén toàn phần F của lò xo ($F_{s\text{ sơ bộ}} \approx 0,5F$). Khi điều chỉnh lại máy ép do phải mài lại khuôn tùy theo mức độ mòn, cũng như khả năng điều chỉnh không chính xác chiều cao kín của máy cho nên độ nén của lò xo cần phải có một lượng dự trữ an toàn nhất định khoảng $0,15F$. Nếu như vậy độ nén khi làm việc của lò xo: $F_{\text{làm việc}}$ chỉ còn $0,35.F$ (xem hình 8.23).

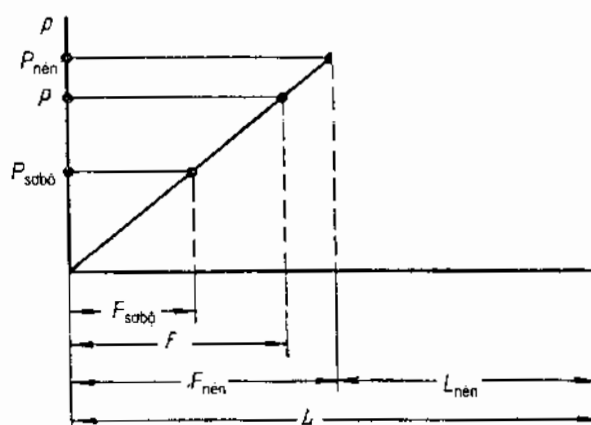
Nếu chúng ta biết hành trình làm việc của khuôn (chẳng hạn khi dập vuốt thì hành trình làm việc của khuôn bằng chiều cao của chi tiết được vuốt) chúng ta có thể xác định được độ nén toàn phần của lò xo:

$$F = F_{\text{làm việc}} / 0,35 \approx 2,9.F_{\text{làm việc}} \approx 2,9.h_{\text{chitiết}} \quad (8-18)$$

Lực nén cực đại của lò xo, khi độ nén toàn phần là F được xác định bằng phương pháp ngoại suy, xuất phát từ điều kiện thay đổi tuyến tính lực nén của lò xo từ giá trị 0 đến giá trị

cực đại (hình 8.23).

$$P_{\max} = P_{\text{sử bộ}} \cdot F / F_{\text{sử bộ}} \approx 2 \cdot P_{\text{sử bộ}} \quad (8-19)$$



Hình 8.23. Đồ thị nén của lò xo.

Chúng ta có thể chọn thông số của lò xo theo lực cực đại P_{\max} và độ nén cực đại cho phép F dựa vào các lò xo tiêu chuẩn. Khi cần thiết chúng ta có thể tính toán lò xo nén hình trụ theo các công thức sau (khi không thể chọn được các lò xo tiêu chuẩn):

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{\pi d^3}{8 \cdot D} \cdot [\tau] \\ F &= \frac{n \pi D^2}{d \cdot G} [\tau] \\ L &= (n + 1,5)d + n \cdot f \\ L_{\text{nén}} &= (n + 1,5) \cdot d \end{aligned} \quad (8-20)$$

trong đó:

- P_{\max} - tải trọng cho phép cực đại;
- d - đường kính dây lò xo;
- D - đường kính trung bình của lò xo;
- $[\tau]$ - ứng suất xoắn cho phép (50 ÷ 60 MPa);
- F - độ nén lớn nhất cho phép của lò xo;
- f - độ nén của một vòng lò xo;
- L - độ dài của lò xo trong trạng thái tự do;
- $L_{\text{nén}}$ - độ dài của lò xo khi nén toàn phần;
- n - số vòng lò xo;
- G - modun đàn hồi khi xoắn:

$$G = (7,5 \div 8) \cdot 10^4 \text{ MPa}$$

Số vòng của lò xo có thể xác định theo công thức:

$$n = \frac{h_{\text{ch.tiết}}}{0,35.f} + (1,5 \div 2) \quad (8-21)$$

trong đó:

f - độ nén cực đại của một vòng lò xo;

$h_{\text{ch.tiết}}$ - chiều cao của chi tiết dập vuốt.

Công thức (8-21) nhận được từ điều kiện đã nêu trên là độ nén làm việc của lò xo chiếm khoảng 35% độ nén cho phép cực đại (độ nén toàn phần) và có thêm hai vòng ở hai đầu của lò xo không ảnh hưởng đến giá trị của độ nén.

Nếu bộ phận làm việc của đệm bằng các vòng cao su hoặc poliuretal thì áp lực nén (do đệm nở ra) bằng lực chặn Q , được xác định bằng tích số giữa diện tích của vòng với ứng suất nén $\sigma_{\text{nén}}$ ở mức độ biến dạng cần thiết:

$$P_{\text{nén}} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot \sigma_{\text{nén}} \quad (8-22)$$

trong đó:

D - đường kính ngoài của vòng cao su;

d - đường kính lỗ của vòng đệm.

Từ công thức (8-22) chúng ta có thể xác định được đường kính ngoài của vòng đệm cao su:

$$D = \sqrt{\frac{4P_{\text{nén}}}{\pi\sigma_{\text{nén}}} + d^2} \quad (8-23)$$

Nếu chúng ta coi rằng khi đệm bị biến dạng 30% thì ứng suất nén (với độ cứng của vòng đệm từ 50 ÷ 60 Sor) trung bình vào khoảng 2,5 MPa. Khi đó công thức (8-23) có thể đơn giản hơn:

$$D \approx \sqrt{2P_{\text{nén}} + d^2} \quad (8-24)$$

Tuỳ điều kiện ổn định của từng vòng cao su riêng biệt tỷ số giữa chiều cao và đường kính ngoài của nó cần phải thoả mãn:

$$0,5 \leq \frac{h}{D} \leq 1,5 \quad (8-25)$$

Chiều cao toàn phần của đệm bao gồm nhiều vòng được xác định từ điều kiện độ nén lớn nhất của nó $F \leq 30\%$ và độ nén sơ bộ $F_{\text{sơ bộ}} \leq 5 \div 10\%$

$$H = h_{\text{chi tiết}} \cdot 100 / (F - F_{\text{sơ bộ}}) = h_{\text{chi tiết}} \cdot 100 / [30 - (5 \div 10)]$$

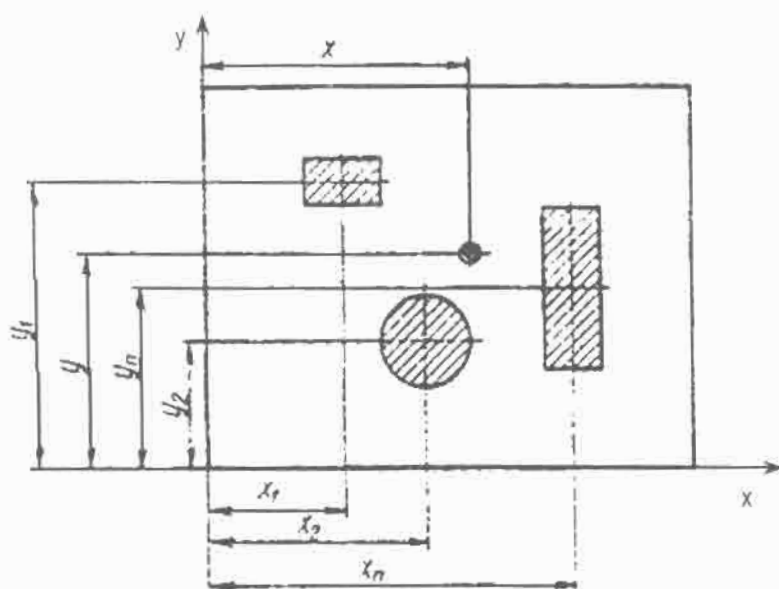
Khi chọn kích thước của đệm cao su và poliuretal thì độ nén cực đại thường từ 25 ÷ 35%. Nếu độ nén quá lớn thì cao su sẽ bị mòn nhanh, đồng thời bị mỏi và mất khả năng đàn hồi.

Các vòng cao su để làm đệm đẩy thường được chế tạo từ cao su chịu xăng dầu có độ cứng $50 \div 70$ Sor hoặc bằng poliuretal mác CKY-7 có độ cứng $70 \div 80$ Sor. Các kích thước của các vòng poliuretal cũng được lấy theo tiêu chuẩn. Nhược điểm của các đệm đẩy bằng lò xo, cao su hoặc poliuretal là áp lực hoặc sự tăng áp lực không đồng đều theo mức độ nén của bộ phận làm việc.

8.5.5. Xác định trung tâm áp lực của khuôn

Để tránh sự cong vênh sai lệch của đế khuôn do sự lệch tâm của tải trọng dẫn đến sự phá huỷ độ đồng đều khe hở giữa chày và cối theo đường bao của chi tiết dập, làm cùn mép làm việc của dụng cụ; mài mòn không đồng đều trụ và bạc dẫn hướng của khuôn; mài mòn không đều dẫn hướng của đầu trượt máy ép thì trung tâm áp lực của khuôn (điểm đặt của tổng hợp lực các lực thành phần) phải trùng với trục đối xứng của đầu trượt máy ép (tâm lỗ lắp cuống khuôn).

Đối với các khuôn có cuống khuôn thì trung tâm áp lực của khuôn phải trùng với trục của cuống khuôn. Khi đường bao của chi tiết dập hoàn toàn đối xứng thì trung tâm áp lực của khuôn trùng với trung tâm hình học của chi tiết.



Hình 8.24. Sơ đồ xác định trung tâm áp lực của khuôn.

Khi đường bao của chi tiết có hình dạng không đối xứng hoặc khi cắt đột nhiều chày (chẳng hạn để đột đồng thời nhiều lỗ) thì trung tâm áp lực của khuôn cần phải được xác định dựa vào sự cân bằng giữa mômen của tổng hợp lực với mô men của các lực thành phần đối với cùng một trục.

Giả sử cần xác định trung tâm áp lực của khuôn để đột đồng thời ba lỗ như trên hình 8.24. Trước hết chúng ta cần phải gắn vào cối (hoặc áo chày) một hệ trục tọa độ Đécac, tốt nhất nên đặt các trục này trùng với mặt chuẩn để từ đó gia công các lỗ cối (hoặc lỗ áo chày). Sau đó xác định tọa độ của các lực thành phần với hệ trục tọa độ. Trung tâm áp lực của khuôn (có tọa độ x, y) chính là điểm đặt của tổng hợp lực P thỏa mãn điều kiện:

$$\begin{aligned} xP &= x_1P_1 + x_2P_2 + x_3P_3 + \dots + x_nP_n \\ yP &= y_1P_1 + y_2P_2 + y_3P_3 + \dots + y_nP_n \end{aligned} \quad (8-26)$$

Từ đó ta có:

$$\begin{aligned} x &= \frac{x_1P_1 + x_2P_2 + \dots + x_nP_n}{P} \\ y &= \frac{y_1P_1 + y_2P_2 + \dots + y_nP_n}{P} \end{aligned} \quad (8-27)$$

trong đó:

x, y - tọa độ trung tâm áp lực của khuôn;

$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + \dots + P_n$ - tổng hợp lực của các lực thành phần;

$x_1, y_1; x_2, y_2; x_3, y_3; \dots x_n, y_n$ - tọa độ các điểm đặt lực của các lực thành phần (trọng tâm của các hình cần cắt đột);

$P_1, P_2, P_3 \dots P_n$ - các lực thành phần.

Ngoài ra trung tâm áp lực của khuôn còn có thể được xác định bằng phương pháp biểu đồ. Phương pháp này sẽ tìm được trung tâm áp lực của khuôn ngay trên bản vẽ.

8.5.6. Chiều cao kín của máy và khuôn

Khuôn thường được thiết kế ở vị trí kết thúc quá trình làm việc bởi vì ở vị trí này nó thể hiện rõ nhất mối quan hệ giữa các chi tiết làm việc với các chi tiết chặn đẩy của khuôn. Khi đó sẽ hạn chế được những sai sót về mặt kết cấu do sự không đồng bộ giữa nửa khuôn trên và nửa khuôn dưới (chẳng hạn như độ dài của trụ và bạc dẫn hướng, độ dài của chày v.v...). Nếu trụ dẫn hướng quá dài sẽ chui ra khỏi bạc ở mặt trên của đế khuôn trên và có thể va vào mặt đầu trượt, do vậy khuôn không thể làm việc được.

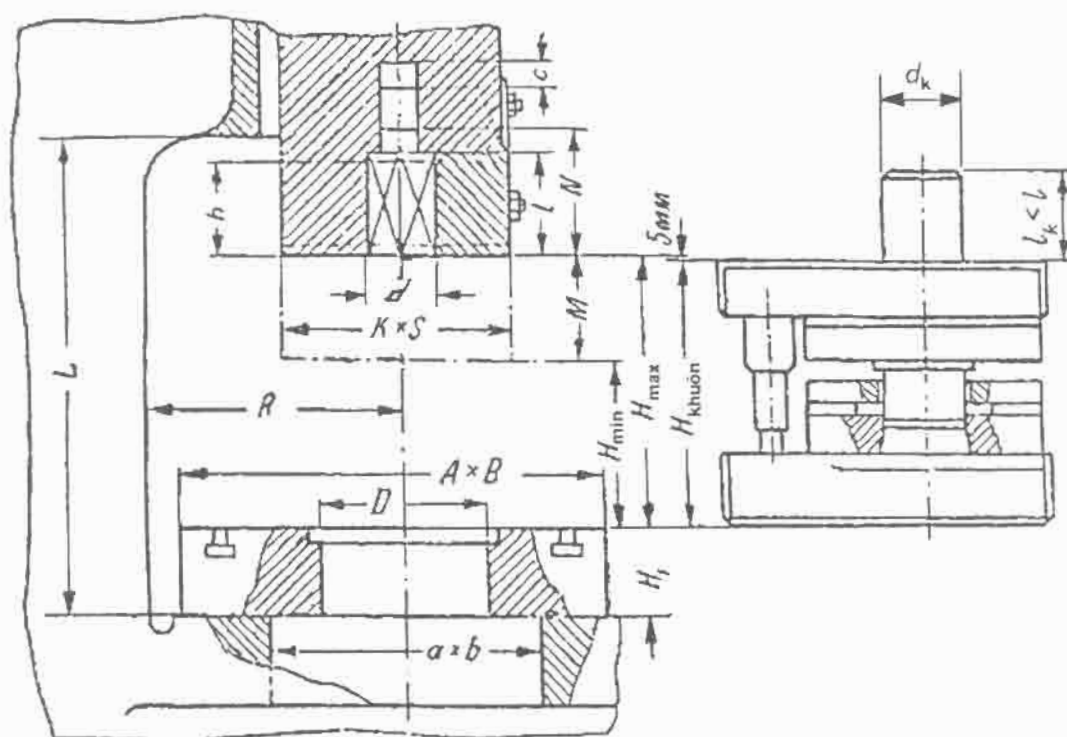
Chiều cao của khuôn (khoảng cách giữa hai mặt tựa đế khuôn) khi khuôn kết thúc quá trình làm việc được gọi là chiều cao kín của khuôn, $H_{\text{khuôn}}$.

Chiều cao kín lớn nhất của máy là khoảng cách giữa bàn máy và đầu trượt, khi đầu trượt ở điểm chết dưới và chiều dài tay biên là ngắn nhất H_{max} . Nếu khoảng điều chỉnh chiều dài tay biên là M thì khi chiều dài tay biên lớn nhất ta có:

$$H_{\text{min}} = H_{\text{max}} - M \quad (8-28)$$

Đối với máy có thể điều chỉnh được hành trình tùy theo yêu cầu của nguyên công thì ở mỗi trị số hành trình nhất định chúng ta có được trị số tương ứng H_{max} và H_{min} . Ở trị số hành

trình lớn nhất, chúng ta cố chiều cao kín của máy là nhỏ nhất và khi giảm trị số hành trình thì chiều cao kín của máy tăng lên.



Hình 8.25. Không gian làm việc của METK hai trụ hờ với các kích thước đặc trưng.

Chiều cao kín của máy sẽ quyết định chiều cao kín của khuôn. Do vậy khi thiết kế khuôn cần phải nắm được các thông số của máy và chỉ có thể thiết kế khuôn cho một máy ép cụ thể hoặc một nhóm máy có các thông số kỹ thuật tương đối gần nhau.

Khi chiều cao kín của khuôn lớn hơn chiều cao kín của máy thì không thể lắp khuôn trên máy, nếu lắp khuôn trên máy, khi làm việc sẽ xảy ra vỡ khuôn hoặc gãy máy. Còn nếu chiều cao kín của khuôn nhỏ hơn chiều cao kín của máy thì cần sử dụng tấm đệm để tăng chiều cao của khuôn và điều chỉnh vệt biên cho phù hợp.

Nói chung, ngoài chiều cao kín, giữa máy và khuôn còn có những mối liên quan khác để đảm bảo thực hiện được nguyên công. Chính vì vậy chúng ta hãy xem xét một số nguyên tắc cơ bản khi thiết kế khuôn.

Trên hình 8.25 đã chỉ ra những thông số đặc trưng cơ bản của máy ép trục khuỷu hai trụ hờ cần thiết cho việc thiết kế khuôn.

trong đó:

h - hành trình của đầu trượt;

M - trị số điều chỉnh độ dài tay biên;

H_{\max} - chiều cao kín lớn nhất của máy;

L - khoảng cách từ bàn máy đến dẫn hướng;

R - độ vươn, khoảng cách từ trục đầu trượt đến thân máy;

A_1, B_1 - kích thước của bàn máy (không ghi trên hình vẽ);

A, B - kích thước của bàn máy phụ;

a, b - kích thước lỗ của bàn máy;

H_1 - chiều dày của bàn máy phụ;

D - đường kính lỗ của bàn máy phụ;

$K \times S$ - kích thước mặt đầu trượt;

$d \times l$ - kích thước lỗ lắp cuống khuôn trong đầu trượt;

N - khoảng cách từ thanh đẩy đến mặt đầu trượt;

H_{\min} - chiều cao kín nhỏ nhất của máy

$$H_{\min} = H_{\max} - M$$

$H_{\text{khuôn}}$ - chiều cao kín của khuôn;

d_k, l_k - kích thước của cuống khuôn:

$$d_k = d + 0,5; l_k < l$$

Khi thiết kế khuôn để đảm bảo cho khuôn làm việc an toàn và chắc chắn, thì chiều cao kín của khuôn cần thoả mãn điều kiện:

$$H_{\max} - 5 \geq H_{\text{khuôn}} \geq H_{\min} + 10 \quad (8-29)$$

Thông thường khuôn được thiết kế gần với chiều cao kín lớn nhất, vì khi đó chiều dài tay biên nhỏ sẽ an toàn, chắc chắn và có thể giảm được chiều cao của khuôn khi mài lại.

8.5.7. Chọn máy ép

Khi tính toán thiết kế QTCN cho một chi tiết dập bất kỳ, để đảm bảo tính kinh tế chúng ta cần tiến hành chọn máy ép cho mỗi nguyên công, sao cho có thể thực hiện được nguyên công đó với chi phí thấp nhất và nhanh nhất.

Khi chọn máy ép cho một nguyên công bất kỳ chúng ta phải tuân theo một số nguyên tắc sau:

1. Loại máy ép và trị số hành trình của máy ép cần phải phù hợp với nguyên công công nghệ.

2. Lực công tác được tạo ra bởi máy ép cần phải bằng hoặc lớn hơn lực công nghệ một chút để thực hiện nguyên công.

3. Công suất của máy cần phải đủ để thực hiện nguyên công.

4. Chiều cao kín của máy cần phải phù hợp với chiều cao kín của khuôn.

5. Kích thước của đầu trượt và bàn máy cần đảm bảo lắp được khuôn và các cơ cấu cấp phôi, truyền phôi tùy từng trường hợp cụ thể, lỗ bàn máy cần đủ cho chi tiết (hoặc phế liệu) rơi tự do v.v...

6. Số hành trình đầu trượt/phút cần phải đủ lớn để cho năng suất cao.

7. Tùy theo nguyên công, cần phải dự tính trước khả năng sử dụng các cơ cấu cấp phôi tự động, các thiết bị đệm đẩy và tháo dỡ sản phẩm, phế liệu v.v...

8. Thuận tiện và an toàn cho người công nhân khi sử dụng.

Một số điểm cần chú ý khi chọn máy:

- Khi chọn máy cho nguyên công dập vuốt, cần hết sức chú ý điều kiện hành trình của máy, nếu chi tiết được đẩy ngược ra khỏi cối thì hành trình của máy cần phải lớn hơn hai lần chiều cao chi tiết. Máy cần có các cơ cấu chặn đẩy và tốc độ phù hợp.

- Nếu chỉ chọn máy theo lực thì chưa đủ vì có thể xảy ra trường hợp quá tải về công suất. Vì vậy cần phải phân biệt tải trọng về lực và tải trọng về công suất. Có thể xảy ra ba trường hợp quá tải:

+ Máy ép bị quá tải theo lực cho phép: khi máy ép bị quá tải theo lực cho phép (lực ép danh nghĩa) sẽ xảy ra các hiện tượng biến dạng hoặc phá huỷ các chi tiết của máy, chẳng hạn bị cong trục, gãy vỡ bánh răng, cắt ren tay biên; cong gãy tay biên v.v... Đối với máy ép trục khuỷu thân hở (dạng chữ C) thì có thể cong trục hoặc nứt vỡ tấm thân máy có ổ đỡ trục v.v... Đối với máy ép một trục lệch tâm thì có thể cong trục hoặc vỡ ổ đỡ v.v... Nếu máy ép được trang bị cơ cấu chống quá tải thì sẽ phá vỡ cơ cấu chống quá tải, bảo vệ được các chi tiết máy.

+ Máy ép bị quá tải đồng thời cả về lực và công suất: (chẳng hạn khi dập chồng hai phôi trong khuôn uốn hay khuôn tạo hình, khi cắt + vuốt phối hợp các chi tiết sâu...). Trong trường hợp quá tải như vậy thường xảy ra hiện tượng kẹt máy ở điểm chết dưới và gãy cơ cấu đóng mở ly hợp. Việc khắc phục hiện tượng này khá phức tạp và tốn kém, mất thời gian. Đôi khi phải phá huỷ một chi tiết hoặc bộ khuôn thì mới khắc phục được.

Một số máy ép được thiết kế có hệ thống cứu kẹt thì việc khắc phục thuận lợi hơn.

+ Máy ép bị quá tải về công suất nhưng không quá tải về lực: trong trường hợp này thường xảy ra sự hãm và giảm đột ngột số vòng quay của bánh đà, gây ra hiện tượng trượt không cho phép của động cơ điện, làm nóng cuộn dây và cháy động cơ.

Khi chọn máy theo lực cần phải chú ý là lực cần thiết để thực hiện nguyên công công nghệ có thể bao gồm nhiều thành phần, do vậy cần phải xác định lực công nghệ chính xác

theo công thức phù hợp với từng nguyên công và trường hợp cụ thể. Lực danh nghĩa của máy cần thoả mãn:

$$P_{\text{danh nghĩa}} \geq P_{\text{công nghệ}} = P + Q_{\text{dém, đẩy}} \quad (8-29)$$

Bởi vì các máy ép thường được chế tạo với các trị số của lực danh nghĩa trong một khoảng nhất định (ví dụ: 6,3 tấn; 10 tấn; 16 tấn; 25 tấn; 40 tấn; 63 tấn; 80 tấn v.v...) cho nên khi chọn máy thường không thể chọn được máy ép có lực danh nghĩa trùng với lực công nghệ. Vì vậy thường chọn máy ép có lực danh nghĩa lớn hơn, khi đó sẽ nâng cao được độ cứng vững của máy, giảm biến dạng đàn hồi thân máy và do đó nâng cao được tuổi thọ của khuôn. Ngoài ra còn ngăn ngừa được sự gãy hỏng các chi tiết máy do quá tải khi đập những phôi dày hơn so với khi tính toán hoặc sai sót trong quá trình tính toán. Điều này có ý nghĩa đặc biệt quan trọng khi đập tinh chỉnh; đập nổi mặt hoặc đập khối.

Đối với máy ép trục khuỷu, lực cực đại (danh nghĩa) thường đạt được ở cuối hành trình làm việc. Trong các catalog của máy, trị số lực danh nghĩa thường ứng với các góc quay $\alpha = 20^\circ + 30^\circ$. Vì vậy đối với các nguyên công có trị số hành trình làm việc lớn cần chú ý sự quá tải về lực. Lực tạo ra bởi máy ép trục khuỷu ở giữa hành trình làm việc chỉ vào khoảng 40 ÷ 50% so với lực ép danh nghĩa, do vậy khi thực hiện các nguyên công cắt hình, đột lỗ, đập nổi và uốn là có thể đảm bảo an toàn nhưng khi đập vượt sâu thì cần phải xem xét, chú ý. Khi đó lực đập vượt cực đại theo tính toán cần thoả mãn $P_{dv} \leq 0,5 \div 0,6$ lực danh nghĩa của máy. Nếu đập vượt nông $P_{dv} \leq 0,7 \div 0,8$ lực danh nghĩa của máy.

Nói chung khi đập vượt, tốc độ biến dạng cần phải phù hợp với loại vật liệu và máy ép thuỷ lực dùng cho nguyên công đập vượt sẽ thuận lợi hơn do có tốc độ chậm và hầu như không thay đổi cả về lực và tốc độ trong suốt hành trình làm việc. Các máy ép thuỷ lực chuyên dùng để đập vượt thường là các máy song động hoặc tam động.

Người ta cũng chế tạo các máy ép trục khuỷu chuyên dùng để đập vượt đó là các máy song động trục khuỷu có hành trình chậm.

Chương 9

MÔ PHÒNG SỐ QUÁ TRÌNH BIẾN DẠNG VÀ THIẾT KẾ KHUÔN VỚI SỰ TRỢ GIÚP CỦA MÁY TÍNH

9.1. MÔ PHÒNG SỐ QUÁ TRÌNH BIẾN DẠNG

9.1.1. Giới thiệu chung

Mô phỏng tính toán quá trình biến dạng lớn nói chung và đối với vật liệu tấm nói riêng bằng phương pháp phần tử hữu hạn là một phương pháp mới và hiện nay đang được ứng dụng hết sức rộng rãi đặc biệt là ở các nước có nền công nghiệp phát triển. Bằng phương pháp mô phỏng số có thể xác định được sự phân bố biến dạng, ứng suất, trường tốc độ biến dạng, trường nhiệt độ trong vật thể biến dạng kể cả các hiện tượng phế phẩm. Có thể mô phỏng trường ứng suất dư và sự xuất hiện của chúng trong quá trình tạo hình để từ đó có thể thay đổi hình dạng hình học của phôi, dụng cụ biến dạng, hoặc thay đổi các điều kiện công nghệ để có thể tối ưu hoá quá trình, giảm thiểu thời gian cũng như công sức và tiền bạc cho việc chế thử.

Phương pháp mô phỏng số đòi hỏi người thiết kế phải nắm vững các vấn đề về cơ học của quá trình biến dạng lớn, thuộc tính cơ học của vật liệu, phương pháp phần tử hữu hạn và cả về công nghệ. Nhà chuyên môn không những chỉ biết sử dụng công cụ mô phỏng số quá trình mà còn phải biết phân tích đánh giá kết quả tính toán kết hợp với những dữ liệu rút ra từ thực tế sản xuất. Không những thế các quá trình biến dạng khi dập tấm là quá trình 3D và nó không dễ gì mô tả bằng các mô hình 2D tương đương. Lưới phần tử cần thiết để thực hiện mô phỏng cũng lớn, nó liên quan tới mô hình vật liệu đàn dẻo hoặc dẻo tức thời kết hợp với bài toán tiếp xúc nên đòi hỏi thời gian tính toán lớn. Chính vì lý do này mà các bài toán mô phỏng 3D quá trình dập tạo hình mãi cho tới gần đây mới được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi. Thông qua việc hoàn thiện các thuật toán của các chương trình tính toán và công suất của máy tính ngày càng được nâng cao nên ngày nay đã có thể mô phỏng được quá trình biến dạng đối với các chi tiết lớn hình dạng phức tạp bằng workstation với thời gian tính toán được rút ngắn đáng kể. Điều này đặc biệt có ý nghĩa đối với các doanh nghiệp sản xuất vì nó góp phần nâng cao năng lực cạnh tranh cũng như rút ngắn thời gian đổi mới mẫu mã sản phẩm.

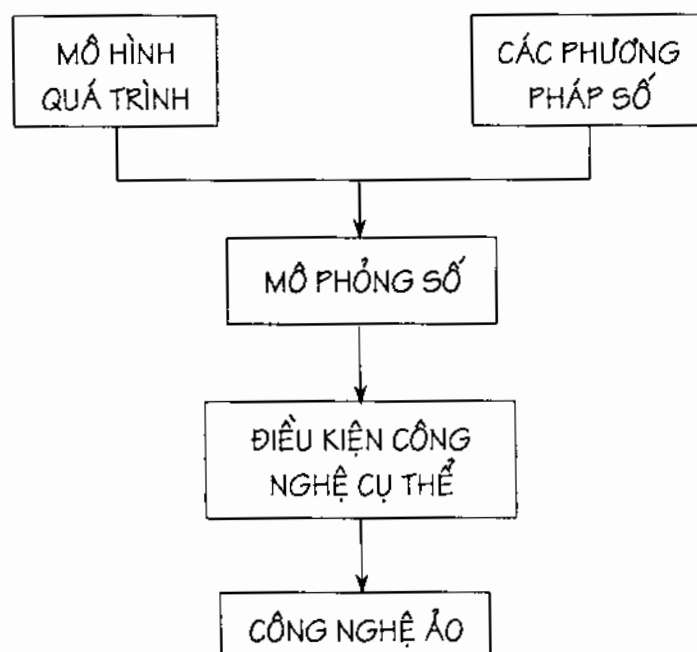
Hiện nay trên thế giới có rất nhiều chương trình phần mềm mô phỏng quá trình biến dạng lớn bằng phần tử hữu hạn. Bảng 9.1 giới thiệu các chương trình đó.

Bảng 9.1. Danh mục các phần mềm mô phỏng số được sử dụng rộng rãi trên thế giới hiện nay

Tên	Hãng sản xuất, nước	Áp dụng
ABAQUS	USA, HKS	Biến dạng khối, tấm
MARC	MARC, USA	Biến dạng khối, tấm
EPDAN	IFUSTGT, Đức	Biến dạng khối và tấm
INDEED	INPRO, Đức	Biến dạng tấm
ROBUST	Prof. Nakamachi, Japan	Biến dạng tấm
DEDRAN	VW, Gedas	Biến dạng tấm
DEFORM	BATELLE, Mỹ - Đức	Biến dạng khối, rèn
FORGE2/3	CEMEF, France	Rèn
DYNA 3D	LSTC, USA	Phá huỷ, khối, tấm
PAM-STAMP	ESI, Đức - Pháp	Phá huỷ, khối, tấm
ABAQUS - explicit	HKS, Mỹ	Phá huỷ, khối, tấm
ANSYS /LS -DYNA 3D	LSTC, Mỹ	Phá huỷ, khối, tấm

9.1.2. Mô phỏng số và công nghệ ảo

Mô phỏng số là sự kết hợp giữa mô hình quá trình và các phương pháp số giải mô hình quá trình đó. Điều này được minh họa trên hình 9.1.



Hình 9.1. Bản chất của mô phỏng số và công nghệ ảo.

Gắn mô phỏng số với những điều kiện công nghệ cụ thể nhằm thực hiện tối ưu hoá quá trình công nghệ sẽ nhận được “công nghệ ảo”. Trong mô phỏng số thì mô hình hoá quá trình là khâu then chốt, đóng vai trò quan trọng, còn các phương pháp số ứng dụng để giải mô hình là công cụ thực hiện. Độ chính xác của kết quả mô phỏng số được quyết định bởi độ chính xác của mô hình hoá và độ chính xác của thuật toán mô phỏng.

Khi thực hiện “công nghệ ảo”, toàn bộ các khâu của quá trình sản xuất từ thiết kế, hiệu chỉnh đến chế tạo đều được thực hiện trên máy tính. Xuất phát từ ý tưởng hay sản phẩm mẫu, mô hình của sản phẩm sẽ được dựng trên máy tính, mọi hiệu chỉnh công nghệ sẽ được thực hiện trực tiếp thông qua giao diện người-máy, từ đó có những hiệu chỉnh hợp lý nhằm tối ưu quá trình công nghệ.

9.1.3. Trình tự giải bài toán mô phỏng số quá trình biến dạng

Để có thể mô phỏng số một quá trình biến dạng bất kỳ, cần phải tuân theo trình tự từ tiền xử lý đến hậu xử lý bài toán.

* Quá trình tiền xử lý bao gồm các bước cơ bản sau:

1. Xây dựng mô hình (mô hình hình học và mô hình vật liệu).
2. Lập mô hình phần tử hữu hạn (PTHH) bằng các thuật toán chia lưới.
3. Chọn kiểu phần tử. Kiểu phần tử có thể là: dạng tấm (shell), hoặc dạng khối: (solid), dạng thanh (beam)...
4. Thiết lập các điều kiện tiếp xúc giữa công cụ biến dạng và vật thể biến dạng.
5. Thiết lập các điều kiện biên.
6. Đặt tải.

* Quá trình hậu xử lý bài toán bao gồm các bước liên quan đến xử lý và phân tích kết quả tính toán.

9.1.4. Một số ví dụ

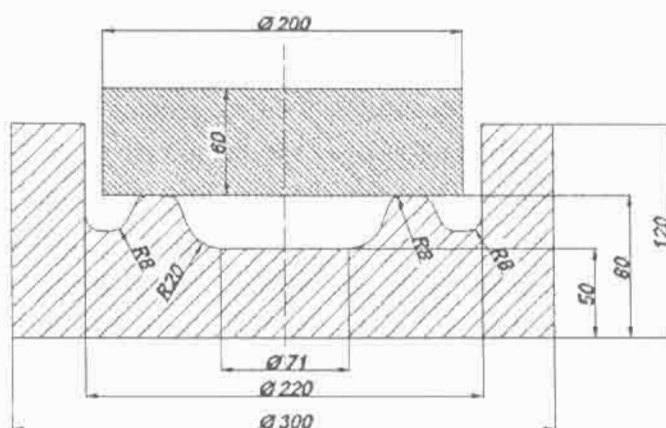
9.1.4.1. Bài toán mô phỏng quá trình dập tạo hình thể tích

* Mô tả bài toán

• Mô phỏng số bài toán tạo hình chi tiết trong khuôn kín như trên hình 9.2. Cho biết các kích thước của phôi: chiều cao = 6 đơn vị, đường kính 20 đơn vị; kích thước khối khuôn, đường kính trong = 22 đơn vị, chiều cao thành lòng khuôn 12 đơn vị, các kích thước còn lại cho trên hình 9.2.

• Vật liệu phôi: vật liệu tiêu chuẩn Von – Mises, môđun đàn hồi = 5E6, hệ số Poisson = 0,3.

• Vật liệu khuôn: vật liệu tiêu chuẩn Von – Mises, môđun đàn hồi = 5E11, hệ số Poisson = 0,34.



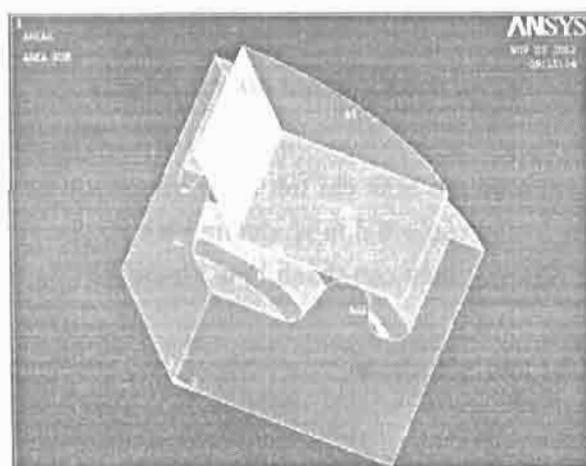
Hình 9.2. Mô hình hình học của bài toán.

* Các giả thiết:

- Điều kiện tạo hình: ở trạng thái nguội.
- Tốc độ biến dạng: $(10^{-4} \div 10^{-2})s^{-1}$.
- Thuộc tính vật liệu: đàn – dẻo tức thời.
- Quá trình đẳng nhiệt.
- Biến dạng đàn hồi nhỏ và đẳng hướng.
- Mô hình ma sát: Coulomb.

* Xây dựng mô hình hình học

Mô hình được xây dựng trực tiếp, bằng cách dựng các keypoint, từ keypoint dựng thành đường và mặt. Sử dụng phép toán logic, từ mặt dựng thành mô hình khối bằng phép quay quanh trục 90° , do mô hình là đối xứng nên chỉ cần tính toán với 1/4 mô hình, ta nhận được mô hình 3D như ở hình 9.3.



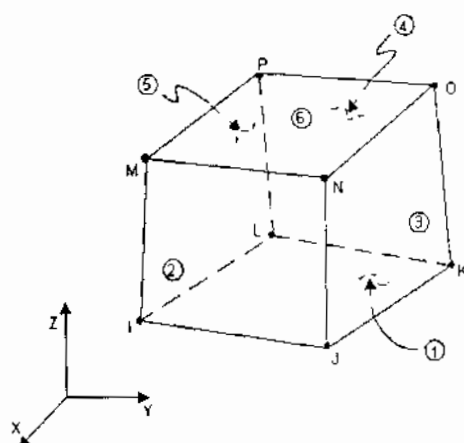
Hình 9.3. Mô hình 3D bài toán tạo hình thể tích trong khuôn kín.

* *Xác định kiểu phần tử và thuộc tính vật liệu*

a. Kiểu phần tử

Kiểu phần tử sử dụng trong bài toán là:
SOLID185 và SOLID186.

SOLID185 là phần tử tứ diện dùng trong mô hình các bài toán cấu trúc 3 chiều, được xác định bởi 8 nút với 3 bậc tự do tại mỗi nút: chuyển vị theo các phương x, y, z. Được sử dụng trong các trường hợp bài toán dẻo, bài toán siêu đàn hồi, ứng suất biến cứng, đảo, uốn và biến dạng lớn và cũng có thể dùng trong trường hợp mô hình vật liệu đàn dẻo lớn (hình 9.4).



Hình 9.4. Phần tử SOLID185.

SOLID186 Là phần tử hình hộp cong, được xác định bởi 20 nút dùng trong mô phỏng những cấu trúc 3 chiều, có ứng dụng tương tự như phần tử SOLID 185. Ngoài ra còn có thể dùng áp dụng tính toán trong bài toán ở trạng thái siêu đàn hồi (hình 9.5).

b. Mô hình vật liệu

- Đối với khuôn: mô hình vật liệu đàn hồi tuyến tính đẳng hướng.

- Đối với phôi: sử dụng mô hình vật liệu dẻo không phụ thuộc vào tốc độ biến dạng, hoá bền đẳng hướng tuyến tính kép. Ngoài hai thông số đầu vào là mô đun đàn hồi và hệ số poisson, còn có:

Ứng suất chảy (Yield stress): $\sigma_y = 200$ đơn vị.

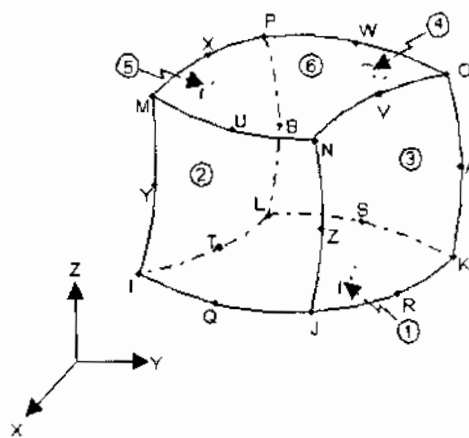
Mô đun hoá bền (tangent modul) = 0,1.

* *Chia lưới phần tử hữu hạn*

Mô hình 3D được chia lưới theo kiểu “bản đồ” sử dụng chức năng “sweep”, quét trên mô hình, hướng quét ngược chiều kim đồng hồ. Kích thước phần tử trên phôi = 0,8 đơn vị, kích thước phần tử trên khuôn = 1,2 đơn vị (hình 9.6).

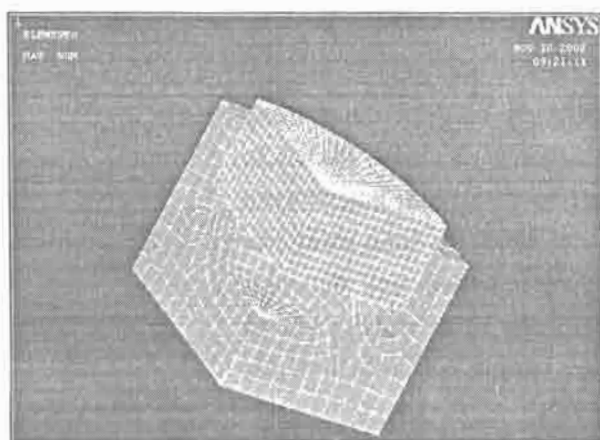
* *Xác định cặp tiếp xúc*

Phân tích mô hình bài toán ta thấy có hai cặp tiếp xúc. Cặp tiếp xúc thứ nhất giữa mặt dưới của phôi với lòng cối, cặp tiếp xúc thứ hai giữa mặt xung quanh của phôi với mặt xung quanh của cối (hình 9.7).

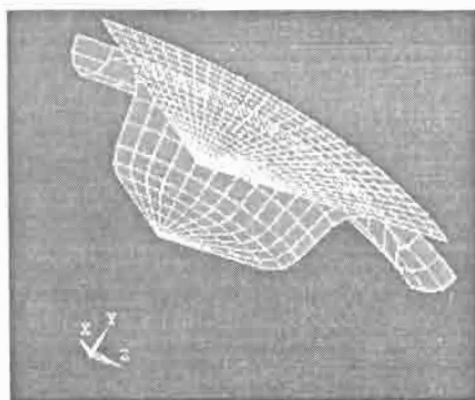


Hình 9.5. Phần tử SOLID 186.

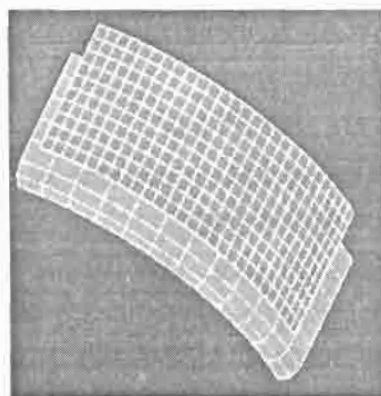
Cặp tiếp xúc thứ nhất bao gồm cả hai dạng tiếp xúc: tiếp xúc cố định ban đầu và tiếp xúc tiềm năng, cặp tiếp xúc thứ hai chỉ đơn thuần là dạng tiếp xúc tiềm năng.



Hình 9.6. Mô hình phần tử hữu hạn.



Cặp tiếp xúc thứ nhất



Cặp tiếp xúc thứ hai

Hình 9.7. Cặp tiếp xúc trong bài toán tạo hình thể tích.

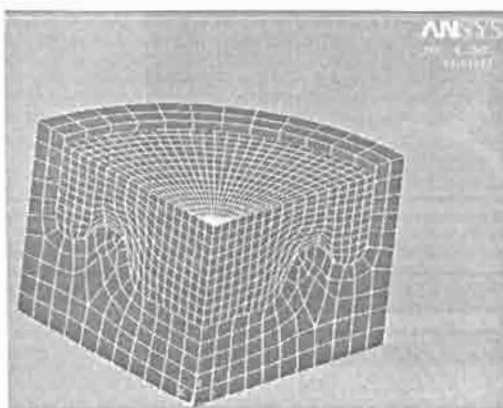
** Đặt tải và giải bài toán*

- Bài toán biến dạng lớn là bài toán ngược do đó tải đặt vào mô hình là chuyển vị của bề mặt tiếp xúc với chày.
- Điều kiện biên chuyển vị: khống chế tất cả các bậc tự do dịch chuyển và xoay trên các mặt của cối.
- Điều kiện biên đối xứng: khi tính toán trong trường hợp bài toán đối xứng trục, chỉ cần sử dụng 1/4 mô hình, do đó cần phải đặt vào mô hình điều kiện biên đối xứng, trên các mặt phần tử.

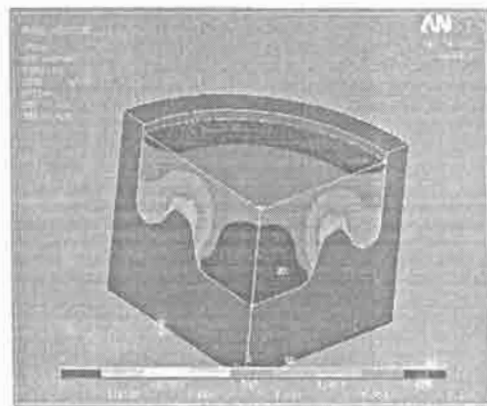
- Trước khi tiến hành giải phải xác định kiểu phân tích (Analysis option) là:
 - Kiểu bài toán biến dạng lớn.
 - Lưu kết quả sau khi kết thúc các bước giải.

* Các kết quả

Thời gian tính toán: 12 giờ. Các kết quả thu được như sau



Hình 9.8. Lưới biến dạng.

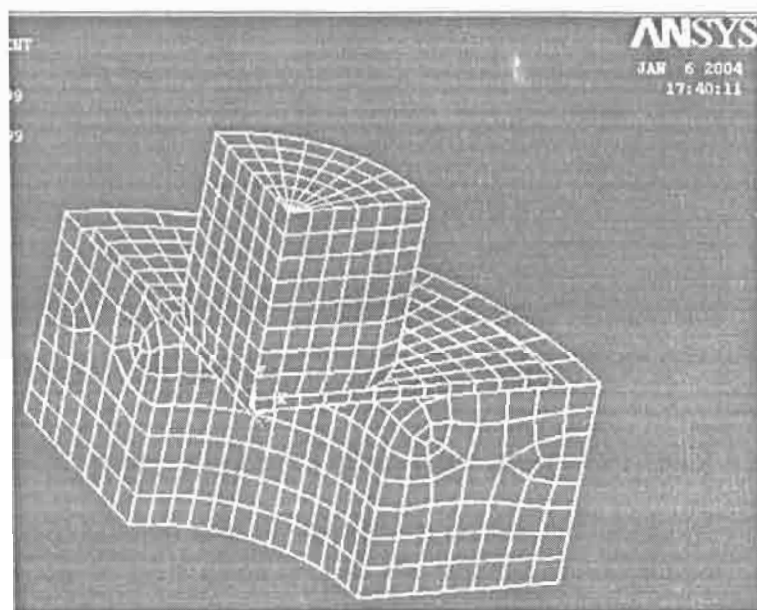


Hình 9.9. Trường chuyển vị tổng.

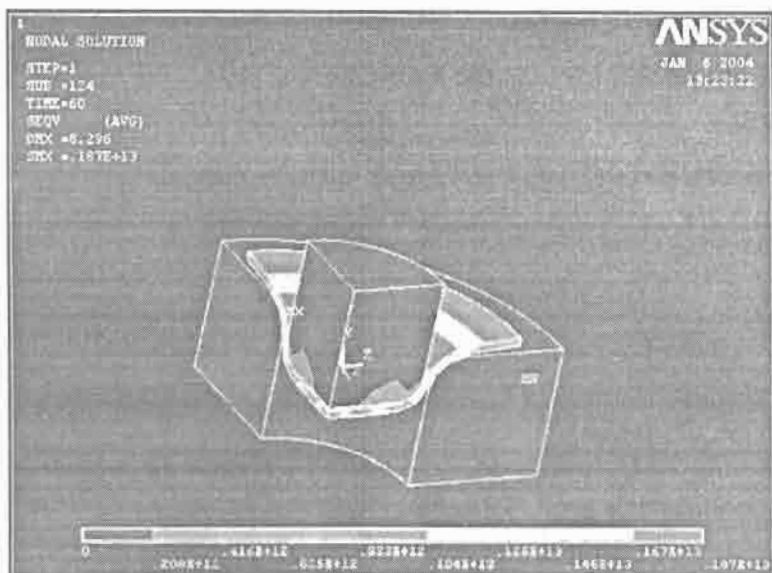
9.1.4.2. Bài toán mô phỏng quá trình dập vuốt chi tiết tròn xoay

Trình tự và các bước thực hiện tương tự như quá trình trên, các kết quả nhận được như sau:

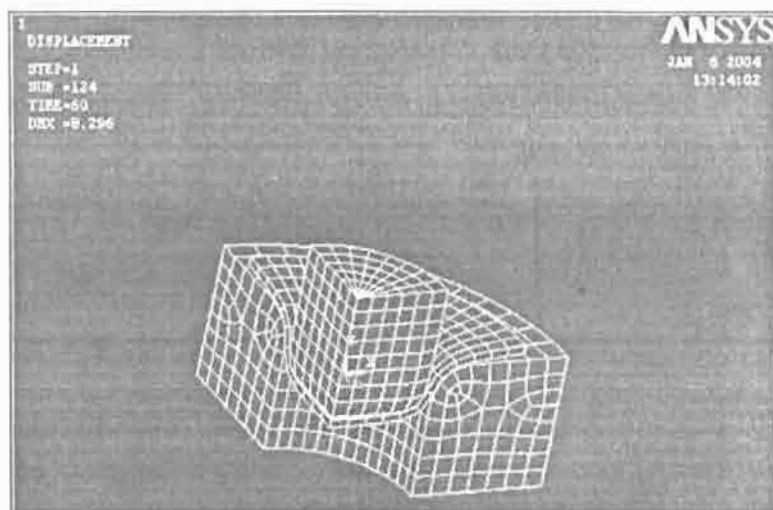
Mô hình lưới phần tử hữu hạn



Hình 9.10. Mô hình lưới PTHH.



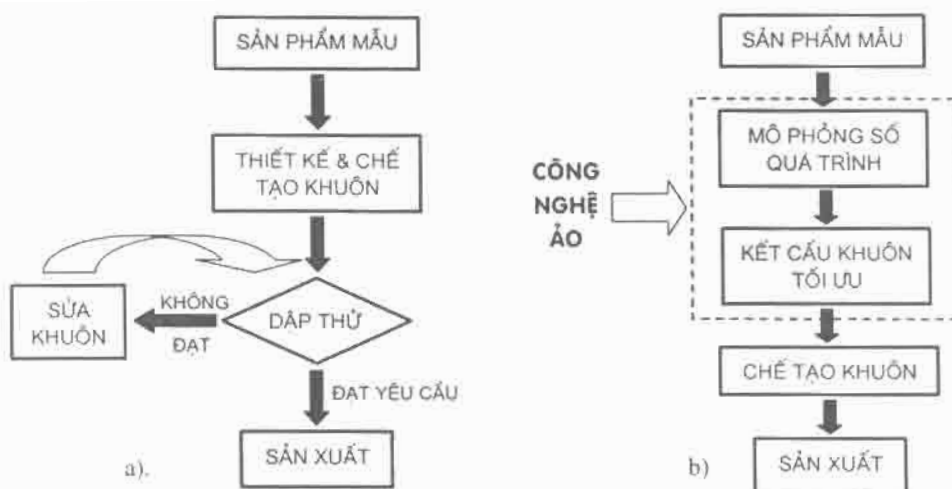
Hình 9.11. Trường phân bố ứng suất tương đương.



Hình 9.12. Biến dạng lưới phần tử.

9.2. THIẾT KẾ KHUÔN VỚI SỰ TRỢ GIÚP CỦA MÁY TÍNH

Tính toán thiết kế khuôn dập với sự trợ giúp của máy tính dựa trên cơ sở mô phỏng số quá trình biến dạng lớn là một kỹ thuật tiên tiến, có nhiều điểm ưu việt so với phương pháp thiết kế truyền thống. Sự khác nhau giữa hai phương pháp thiết kế được thể hiện trên hình 9.13.



Hình 9.13. Trình tự thiết kế khuôn:

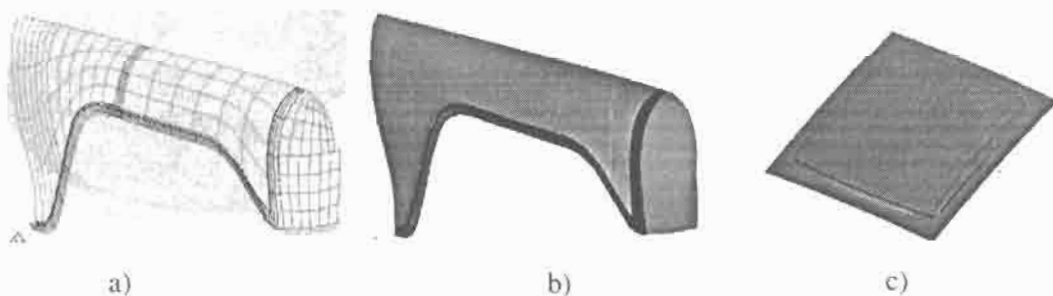
a- theo phương pháp truyền thống; b- ứng dụng mô phỏng số.

Theo phương pháp truyền thống, sau khi nhận được sản phẩm mẫu sẽ tiến hành thiết kế và chế tạo khuôn. Khuôn sau khi chế tạo sẽ được dập thử, nếu sản phẩm dập thử thoả mãn các yêu cầu của sản phẩm mẫu thì bộ khuôn đó sẽ được đưa vào sản xuất; nếu sản phẩm không đạt yêu cầu, thì khuôn sẽ được chỉnh sửa lại. Quá trình này sẽ tiêu tốn nhiều thời gian và tiền của, đồng thời cũng không thể thay đổi được mẫu mã một cách nhanh chóng.

Nếu sử dụng mô phỏng số quá trình biến dạng kết hợp với các phần mềm thiết kế như CATIA, SOLIDWORK, AUTOCAD, PRO-ENGINEER thì chu trình tính toán thiết kế sẽ được thực hiện như sau.

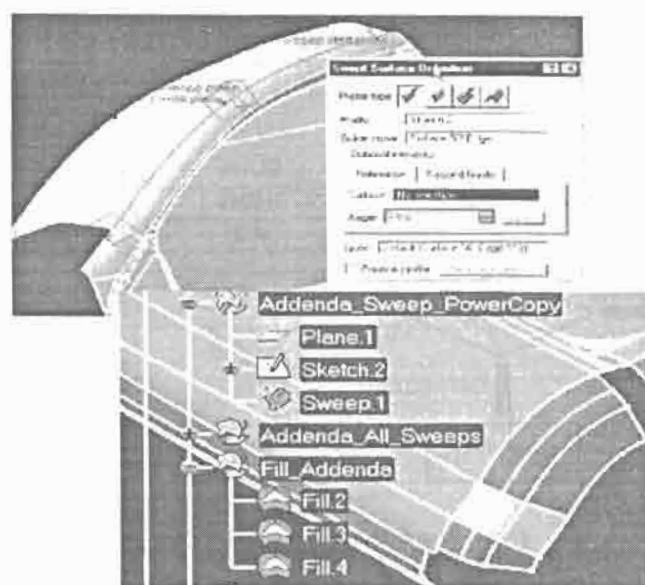
Đầu tiên sản phẩm mẫu sẽ được số hoá dưới dạng mô hình 3D thông qua các thiết bị đo 3 chiều.

Mô hình số ban đầu có thể là tập hợp rất nhiều điểm trong không gian hoặc là mô hình lưới (hình 9.14a). Mô hình dạng điểm hoặc dạng lưới là cơ sở để xây dựng mô hình mặt (hình 9.14b).



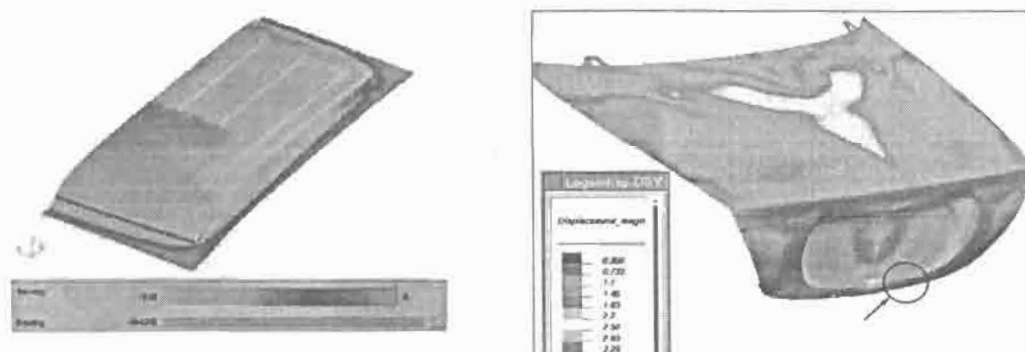
Hình 9.14. Mô hình dạng 3 chiều chi tiết vỏ xe ô tô:

a, b- mô hình lưới và mô hình mặt chi tiết tai trước; c- mô hình mặt tấm nóc xe BMW X5.

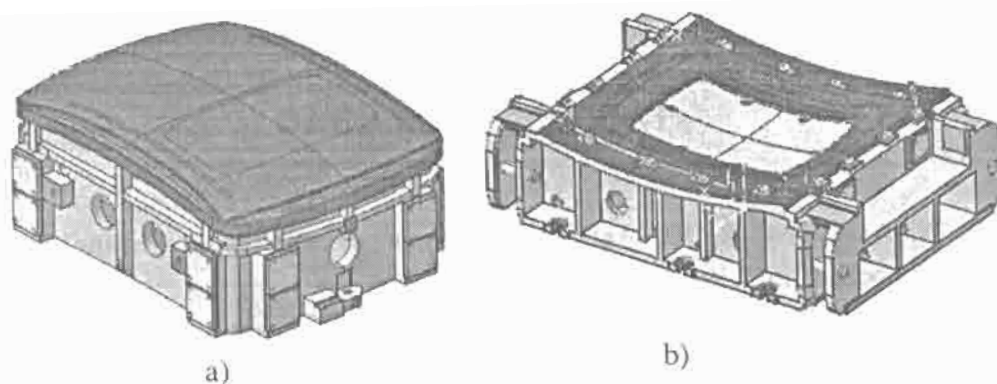


Hình 9.15. Xây dựng mô hình mặt bằng phần mềm CATIA.

Sau khi nhận được mô hình 3 chiều sẽ tiến hành mô phỏng số quá trình biến dạng bằng các phần mềm thích hợp như PAMSTAMP, ABAQUS, LS-DYNA, DYNAFORM... Căn cứ vào kết quả mô phỏng số (hình 9.16), sẽ xác định được quy trình công nghệ tối ưu như số lần tạo hình, các điều kiện về bôi trơn, lực chặn... đồng thời cũng sẽ nhận được kích thước bề mặt tạo hình của dụng cụ biến dạng (chày cối). Các dữ liệu dạng số về kích thước và biến dạng của dụng cụ tạo hình sẽ được sử dụng để xây dựng mô hình 3 chiều của chày và cối (hình 9.17).

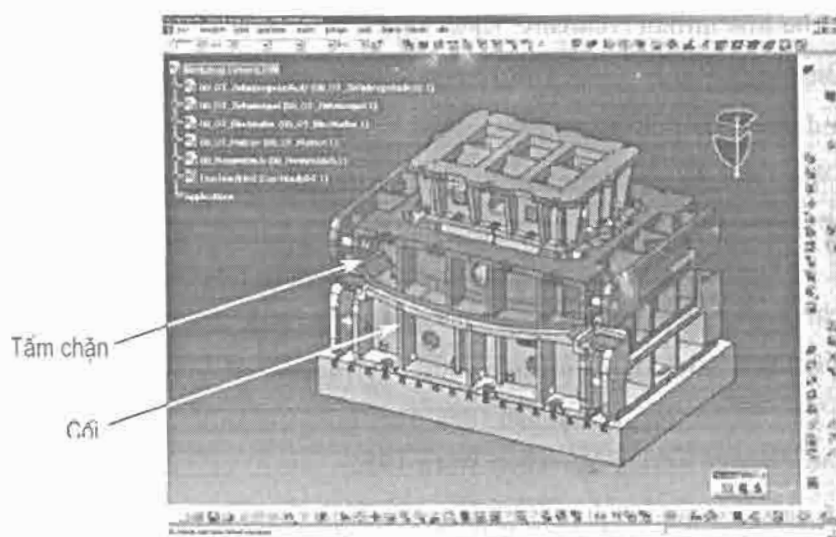


Hình 9.16. Kết quả mô phỏng số quá trình biến dạng.



Hình 9.17. Chày cối khuôn tạo hình tấm nóc xe ô tô BMW X5:
a- chày tạo hình; b- cối tạo hình.

Ngoài mô hình chày, cối còn phải thiết kế các bộ phận khác như tấm chặn, đế gá chày... các cơ cấu đẩy sản phẩm, dẫn hướng khuôn và việc định vị phôi, cuối cùng sẽ nhận được kết cấu khuôn hoàn chỉnh (hình 9.18).



Hình 9.18. Mô hình 3 chiều của khuôn dập trên phần mềm CATIA.

Từ mô hình 3 chiều của khuôn dập, sẽ xuất ra các bản vẽ 2D cũng như các dữ liệu dạng số tương ứng để tiến hành chế tạo khuôn (bao gồm cả khâu đúc phôi sau đó gia công cơ). Biên dạng chày và cối tạo hình sẽ được lập trình gia công trên máy CNC từ mô hình số nói trên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ю. А. Аверкиев, А. Ю. Аверкиев. Технология холодной штамповки. Москва "Машиностроение" 1989.
2. В. П. Романовский. Справочник по холодной штамповке. Издательство "Машиностроение" 1979.
3. В. Н. Королев. Листовая штамповка молибдена и его сплавов в приборостроении. Москва "Машиностроение" 1977.
4. Donal F. Eary, Edward A. Reed.: Techniques of Pressworking sheet metal. Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey 1974
5. David A. Smith.: Die Design Handbook, Third Edition. Society of Manufacturing Engineers, 1990.
6. Thomsen, E., Yang, C., Kobayashi, S. Mechanics of plastic deformation in metal processing. The Macmillan company, New York.
7. Lange, K. Umformtechnik. Band 1 - Grundlagen. Springer-Verlag, Berlin 1984.
8. VDEh. Grundlagen der bildsamen Formgebung. Verlag Stahleisen, Düsseldorf 1966.
9. Kopp, R., Wiegels, H. Einführung in die Umformtechnik. Verlag der Augustinus Buchhandlung, Aachen 1998.
10. Lange K. Umformtechnik. Band-4, Sonderverfahren, Prozesssimulation, Werkzeugtechnik, Produktion. Springer-Verlag, Berlin 1993.
11. Shuler GmbH, Handbuch der Umformtechnik. Springer-Verlag 1996.
12. G. Spur, Th. Stoeferle. Handbuch der Fertigungstechnik. Band 2/3 Umformen Zerteilen. Carl Hanser Verlag Muechen Wien 1985.
13. Bộ môn Rèn dập, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Công nghệ dập tấm, 1978.

206072



Gia: 60.000d